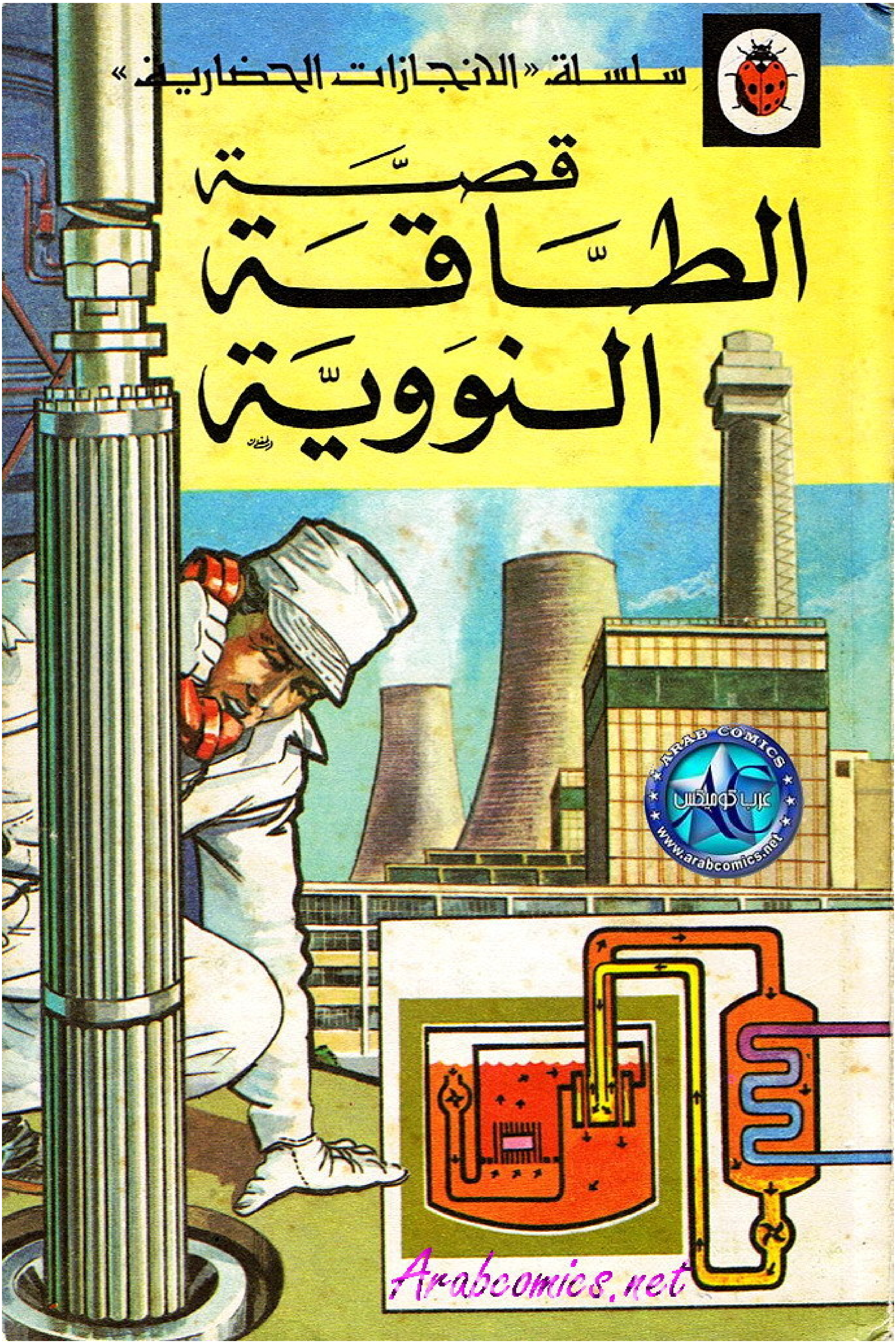

سلسلة «الانجازات الحضارية»
قصة
الطاقة
النووية
ARAB COMICS
عرب كومكس
www.arabcomics.net
Arabcomics.net

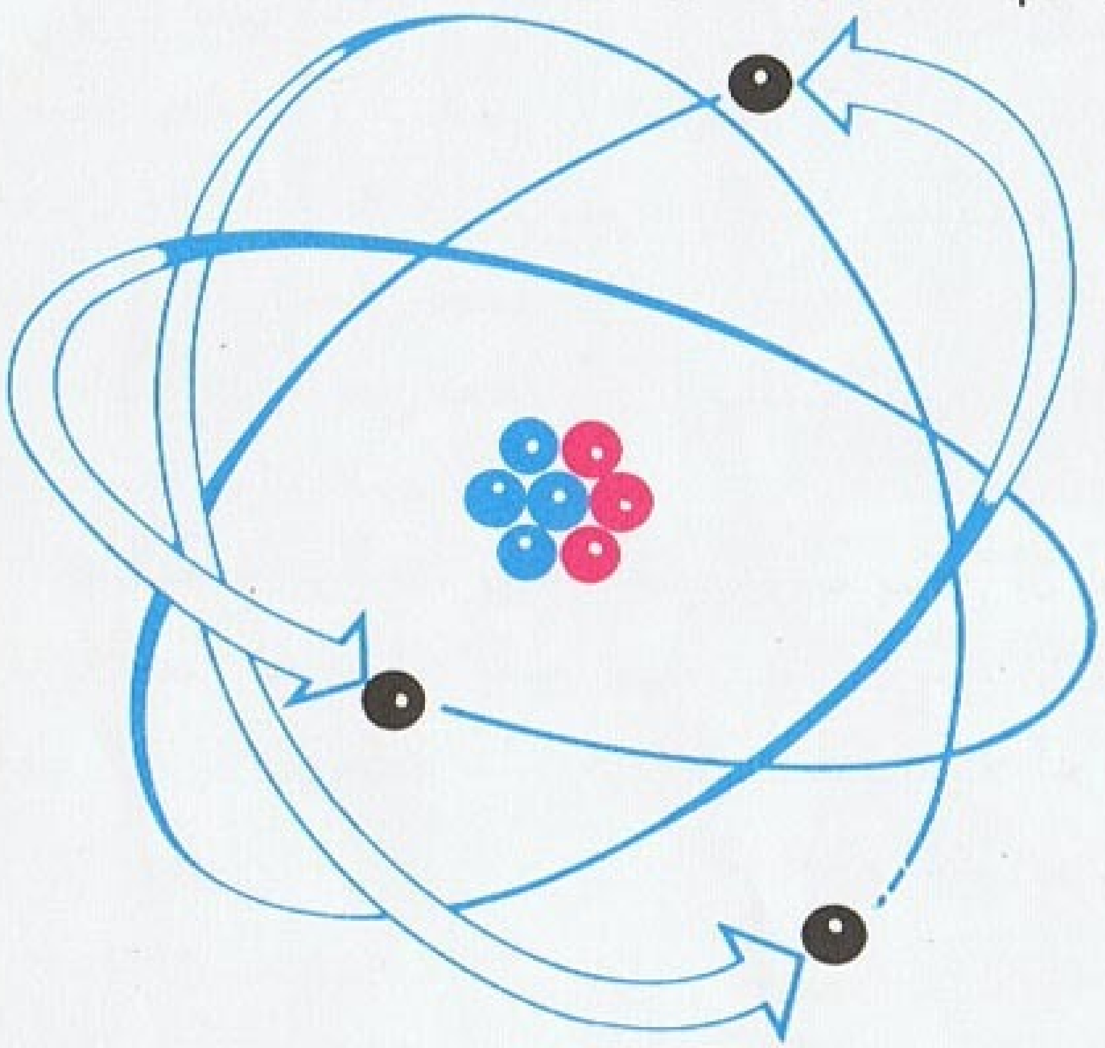
بَعد نُضُوبِ مَوارِدنا من أنواعِ الوَقُودِ الأُحفوريَّة (النّفطِ والفَحْمِ الحجريّ والغازِ الطبيعيّ) سيزيدُ اتّكالُ عالَمِنا المُتَعطّشِ إلى الطّاقةِ يوماً بعدَ يومٍ على الطّاقةِ النوويّةِ .

يَسْرُدُ هذا الكِتابُ قصةَ هذا المَوردِ الذي هو أحدثُ مَصدرٍ للطّاقةِ – كيفَ اكتُشِفَ وكيفَ تَطَوّرَ استِعمالُه .

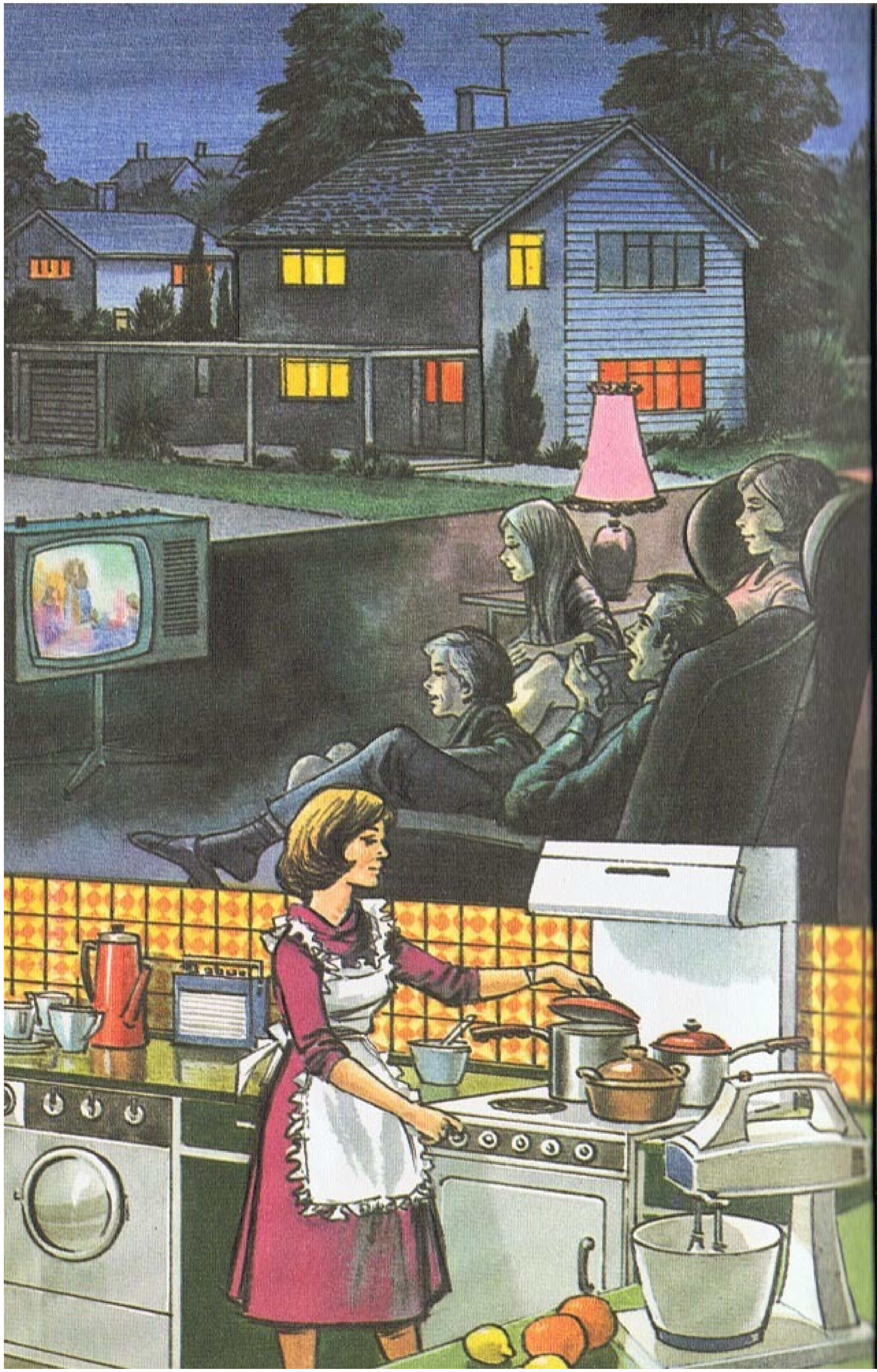
الفهــرس

قصّة الطّاقة النوويّة

تأليف : إ . هـ . تشايلدز
نقله الى العربية : وَجيه السمّان
وَضع الرسُوم : روبرت آيتون



مكتبة لبنان



الحاجةُ إلى الطّاقةِ النوويّةِ

إنّ استمرارَ الحياةِ كما نَعْهدُها ، يحتاجُ إلى كَميَّاتٍ هائلةٍ من الطّاقةِ في مُختَلِفِ أشكالِها . فنحنُ في بُيوتِنا نَحتاجُ إلى الطّاقةِ لِلتدفِئَةِ والإنارةِ والطَّبْخِ ولتشغيلِ الراديو والتلِفزيون ومُخْتَلِفِ أنواعِ الأدواتِ المنزليةِ الأخرى . وتَسْتَهلِكُ الصِّناعةُ كميّاتٍ ضخمةً جدّاً من الطّاقةِ في صِناعةِ السيَّاراتِ والطيَّاراتِ والسُّفُنِ ومُخْتَلِفِ المُنتَجاتِ التي لا عِدادَ لها .

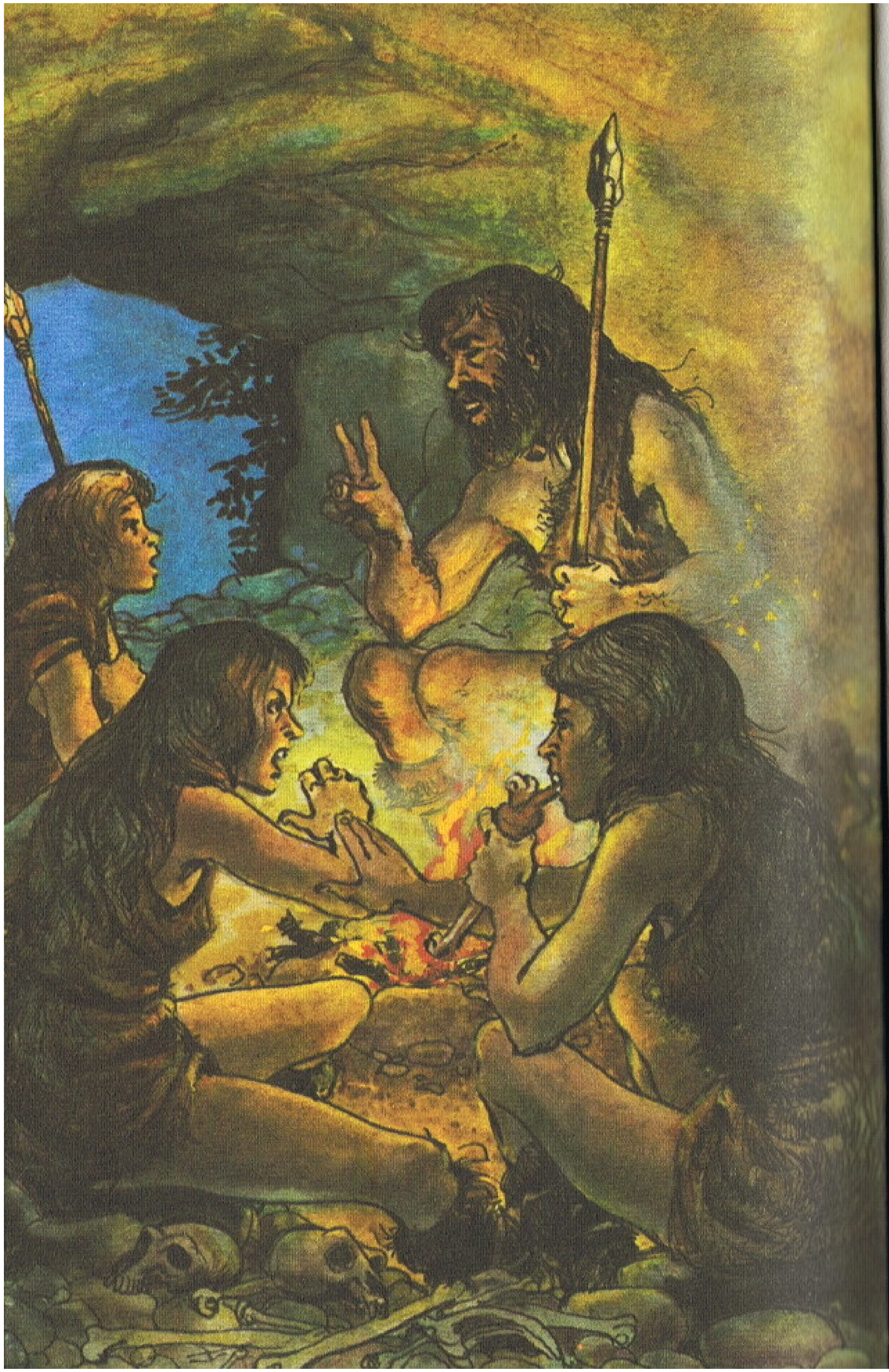
وأكثرُ هذه الطاقةِ يُولَّدُ إمّا بواسطةِ القُدْرَةِ المائيّةِ أو بواسطةِ أنواعِ الوَقُودِ الأُحفوريّةِ وهي : الفحمُ الحَجَريُّ والنفطُ والغازُ . وكلُّ واسِطَةٍ إضافيةٍ غيرِ هذه لتوليدِ الطاقةِ بِصُورةٍ اقتِصاديَّةٍ مَرغوبٌ فيها وخاصَّةً من أجْلِ توليدِ الكهرباءِ إذ إنّ ذلِكَ يُوَفِّرُ من استهلاكِ المَحروقاتِ الأُحْفوريّةِ ويَحفظُها للاستِعْمالاتِ الصناعيَّةِ العديدةِ الأُخْرى . ثم إنهُ إذا أَمكنَ الحصولُ على طاقةٍ كافِيَةٍ فإنَّ مستوَياتِ مَعيشةِ الشُّعوبِ في جميعِ أنحاءِ العالَمِ يُمْكِنُ أن تتحسَّنَ تَحَسُّناً كبيراً .

والطَّاقةُ النوويّةُ هي مَصدرٌ آخرُ لكمِّيَّاتٍ كبيرةٍ من الطّاقةِ ، وهي مُناسِبَةٌ جدًّا لِتوليدِ الكَهرُباءِ .

إنَّ اندماجَ الموادِّ الذَّرِّيَّةِ هو عَمَلِيَّةٌ نَوَوِيَّةٌ يمكنُ أن تُعطِيَ بالفِعْلِ طاقةً لا حَصْرَ لها ، ولكِنّ هذه الطاقَةَ استَعْصَتْ حتى الآنَ على جَميعِ الجهودِ البَشَريّةِ التي بُذِلَتْ لتَسْخيرِها . إلّا أن هُناكَ شكْلًا آخرَ من أشكالِ الطاقةِ النوويَّةِ يُعْرَفُ باسمِ الانْشِطارِ «أي انفصامِ الموادِّ الذَّرِّيةِ» هو الآنَ مُتَيَسِّرٌ ومُتاحٌ .

وهذا الكتابُ يُعالج بشَكْلٍ خاصّ التقدُّمَ العجيبَ في مَعرفةِ الإنسانِ لعمليَّاتِ الانشطارِ هذِه ودَورِها في توليدِ الطَّاقةِ .

الطّاقة في البيت



في البدايـةِ

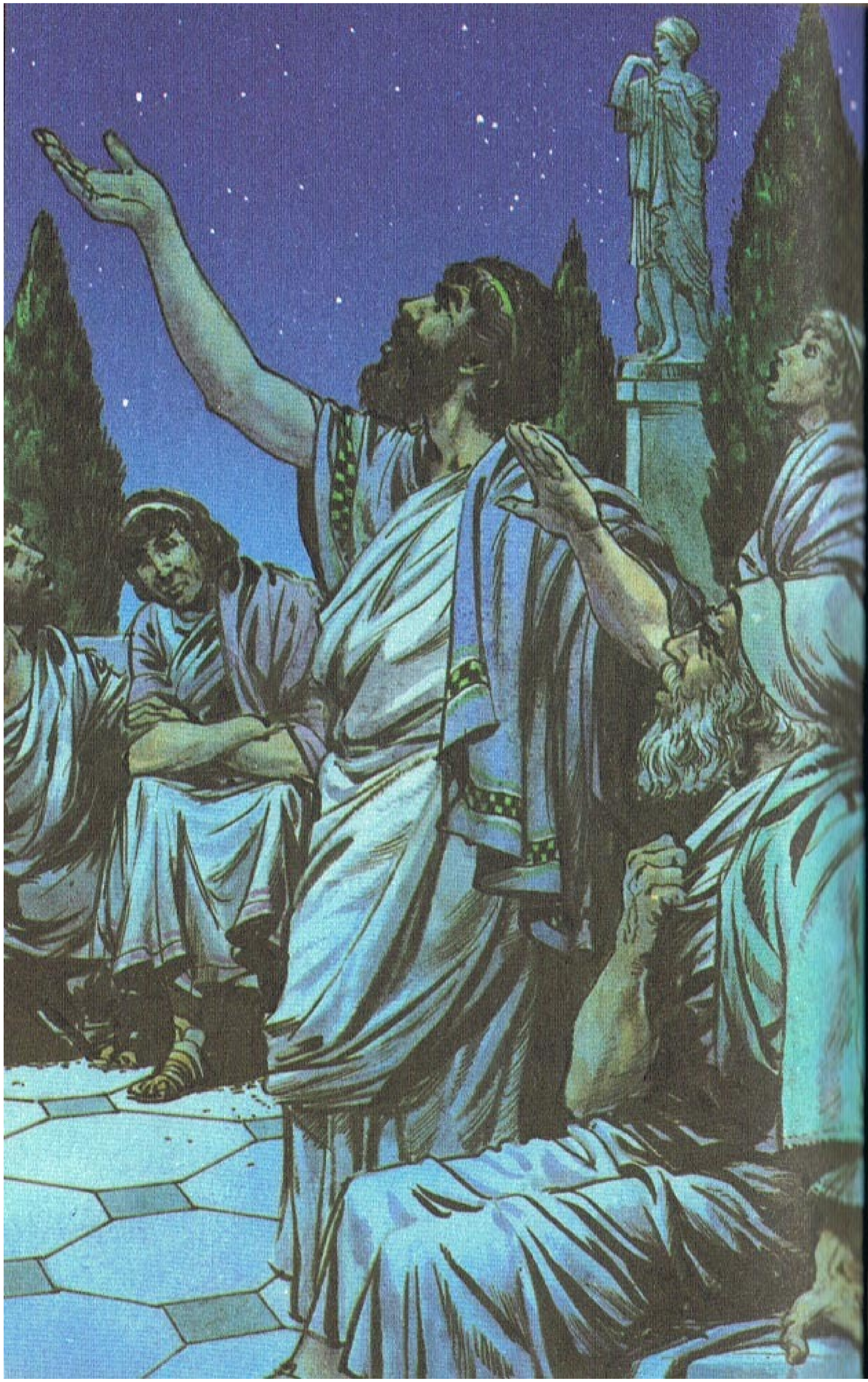
إنّ عُنْصُرَ اليُورانيوم هو الوَقودُ المُستَخْدَمُ عِنْد تَوليدِ الطاقةِ بواسطةِ عمليّةِ الانشِطارِ النوويِّ . وقبلَ أن يتمكَّنَ الإنسانُ من توليدِ الطَّاقةِ من هذا العُنْصرِ كانَ لا بدَّ لهُ من أن يَجِدَ الحُلولَ لكثيرٍ من الأسئلةِ والمشاكلِ التي كانتْ بلا حلٍّ .

كان الإنسان دوماً يرى الشَّمْسَ والنجومَ فيَتَساءَلُ ما هو حَدُّ كِبَرِ الأجرامِ الكبيرةِ ؟ أوْ يتساءلُ ما هوَ أصغرُ جِرْمٍ صغيرٍ في هذا الكَون ؟ وكان اليونانُ يستعملون لَفظَة « أتوموس » أي الذَّرَّة للتعبيرِ عن مَفهومِهم لأصغرِ الأشياءِ، ومَعنى اللّفظة : الجَوْهرُ الفردُ ، أي الجزءُ الذي لا يَتجزَّأُ . ونَستعمِلُ نحن اليومَ كلمةَ ذرَّةٍ « أو ذرّات » لنعبِّرَ بها عن اللّبِناتِ الأساسيَّةِ التي بُنِيَ منها هذا الكَوْنُ .

حِينما بدأ الإِنْسانُ باستِعْمالِ الحَطَبِ لإيقادِ نارِهِ ، وكذلكَ لما تَقَدَّمَ نحو استعمالِهِ للمحروقات الأُحفوريّة لإنتاجِ الطاقةِ كانَ لا يستفيدُ إلا من القُوى الواقِعةِ في المناطِقِ الخارجيَّةِ من الذرّةِ .

وعادَ العُلَماءُ في القرنِ العشرينَ وبعدَ بحوثٍ وتجاربَ كثيرةٍ لِلتفكيرِ من جديدٍ والتَّساؤُلِ عمّا إذا كانَ ثمَّةَ شيءٌ يفوقُ الذرَّةَ في الصِّغَرِ . وأَدَّت اكتشافاتُهم إلى ٱستِخْدامِ أكبرِ القُوى التي يُمْكِنُ إطلاقُها من داخِلِ مَركزِ الذرّة ، أي مِنْ نَواةِ الذرَّةِ . وهذا ما نعنيهِ بقولِنا : الطّاقةُ النوويَّةُ .

إنَّ مَصدَرَ الطاقةِ الحراريَّةِ الأوَّلَ للإنسان – وهو نارُ الحطَبِ – لا يستَخدِمُ إلّا القُوى الموجودةَ في المناطقِ الخارجيَّةِ من الذرَّةِ



تطوُّرُ المَفهومِ الذرِّي لتركيب المادّة

مُنذ القَرْنِ الخامسِ قبلَ المسيحِ ، اعتَقد المفكِّرون الإغريقُ ، ومنهم ديموقريطِس خاصَّةً ، أنَّ كلَّ شيءٍ في هذه الدنيا لا بدَّ أنْ يكونَ مصنوعاً من جوهرٍ أساسيٍّ كالذَّرَّةِ . إلا أنَّ العلماء ظلُّوا خلالَ قرونٍ عديدةٍ بعدَهُ يُؤْثِرون الإيمانَ بنظريَّاتٍ أخرى . وإحْدى تلكَ النظريَّاتِ كانتْ أنَّ النارَ والماءَ والهواءَ والتراب هي العناصِرُ الأربعةُ الأساسيَّةُ في الكَون . ولم تعُدْ أفكارُ ديموقريطس القديمةُ إلى الانتشارِ من جديدٍ إلا في القَرْن السابعَ عشرَ على أيدي العلماءِ الانكليزِ: فرانسيس باكون وروبَرْت بُويل واسحق نيوتُن .

ولِسوءِ الحَظِّ انتشَرت أيضاً أفكارٌ أُخرى جَديدةٌ خاطِئةٌ في بدايةِ القرنِ الثامِنَ عشرَ ، شغَلت أفكارَ الإنسانِ مُوَقَّتاً وحوَّلَتْها عن نَظريَّةِ الذَّرَّةِ . وأَضْحى ما يسمُّونه بالفلُوجستون المادَّةَ السحريّةَ التي تُفَسِّرُ كلَّ ما لا يَتَّفِقُ مع الوقائعِ العِلميَّةِ التي كانت معروفةً في ذلكَ العهدِ .

إلّا أنّه حوالَى نِهايةِ ذلكَ القرنِ ، قامَ العالِمُ الفَرَنْسِيُّ لافوازيه وغيرُهُ بإجراءِ التَّجارِبِ وميَّزُوا بينَ العَناصِرِ وبينَ الأجْسامِ المركَّبةِ . ثم وَضَعَ العالِمُ الانكليزيُّ دالْتُن نظريَّتَهُ الذَّرِّيَّةَ ، وأمَّ العالِمانِ الإيطاليَّانِ أفوغادرو وكانيزارو الحركةَ التي وَجَّهتْ تفكيرَ عُلماءِ القَرْنِ التاسِعَ عشرَ نَحو تَركيب الذرَّةِ وطبيعَتِها .

وفي عام ١٨٩٥ اكتشفَ العالِمُ الألماني رُونْتجن ضَرْباً من الأشِعَّةِ سَمَّاهُ الأشِعَّةَ السينِيَّةَ . وبعد ذلكَ بسَنَةٍ بيَّنَ العالِمُ الفرنسيُّ بِكِريل أن أشعَّةً مماثِلةً للأشعة السينِيَّةِ تَنْبَعث بشكلٍ طبيعيٍّ من أملاحِ اليورانيوم . ومنذ ذلك الحينِ تسارَع البحثُ في شُؤونِ الذرَّةِ المُحيِّرةِ .

ديمُوقريطس يشرحُ أفكارَهُ حولَ الذَّرَّة

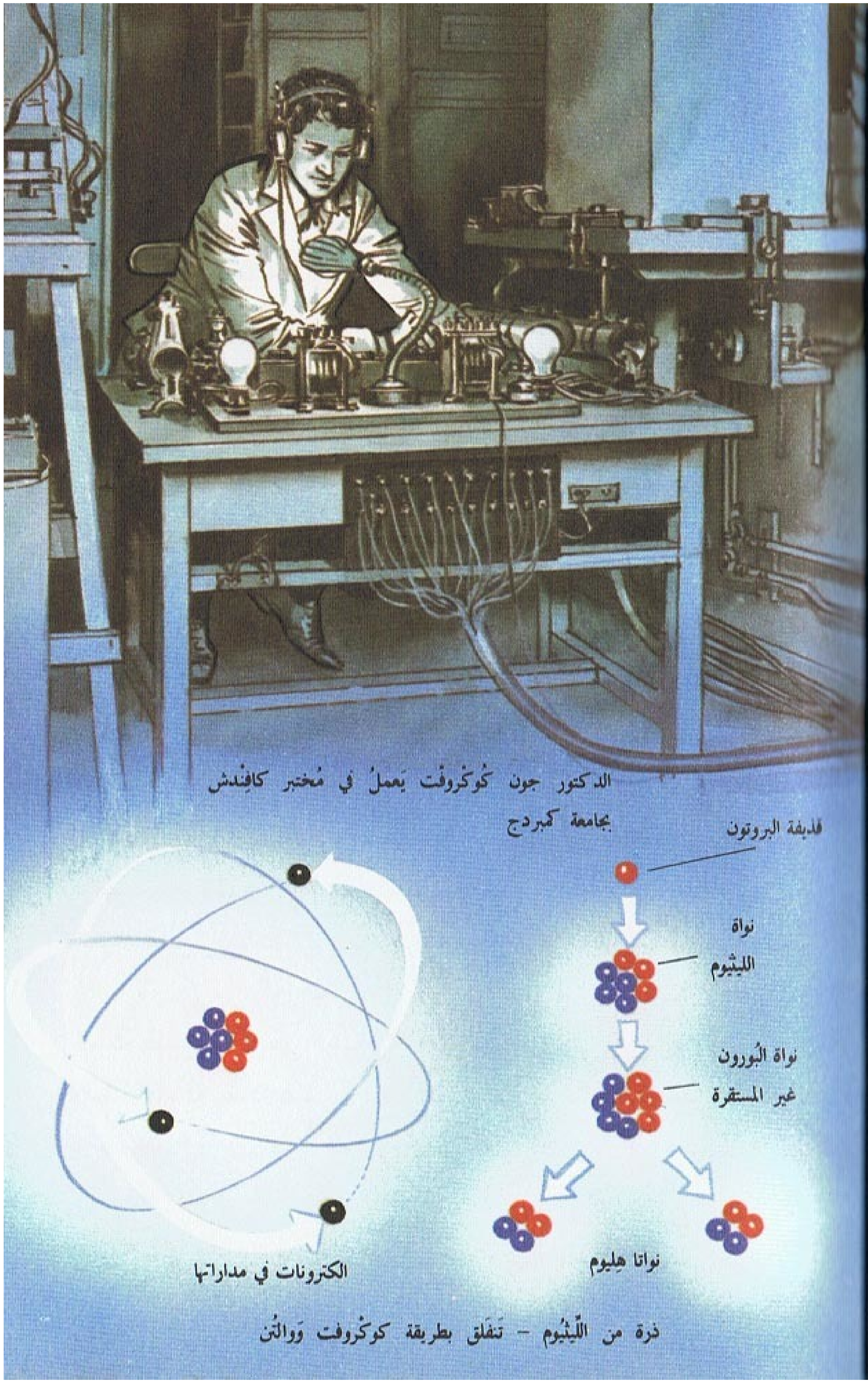
الانشِطارُ

في خِلالِ القرنِ العِشرينَ أسهَمَ العلماءُ من مُخْتلِفِ البلادِ في كَشْفِ أسرارِ الذرَّةِ . ففي عام ١٩٠٥ بيّنَ ألْبرت إينْشتاين بالمعادلات الرياضيَّة أنَّه إذا حُطِّمت كمِّيَّةٌ من ذرّاتِ مادةٍ ما أو فُلِقَتْ ، انطَلَقَتْ بسببِ ذلكَ كَمِّيَّةٌ كبيرةٌ من الطّاقَةِ .

وفي عام ١٩١٩ حقَّقَ رُوذَرْفُورد أوَّلَ مرةٍ عمليَّةَ الفَلْقِ الاصْطِناعيّ للذرَّةِ . ثم تَبِعَه زَميلاهُ كُوكْرُوفت ووَالْتُن ، فاستَخْدَما أوَّلَ مرةٍ مُسَرِّعاً ذا مَجالٍ كهربائي لتحطيمِ الذَّرّات وذلك عام ١٩٣٢ . وفي ذلك العامِ أيضاً اكْتُشِفَ جُسَيْمٌ جديدٌ سُمِّيَ النيوتْرون،وهو يوجَدُ عادةً في داخِلِ نَواةِ الذرَّةِ . وقد صُنِعَتْ فيما بعد مسرِّعاتٌ بالمجال الكَهربائِيّ كبيرةٌ جداً واستُعْمِلَتْ في التجارِب .

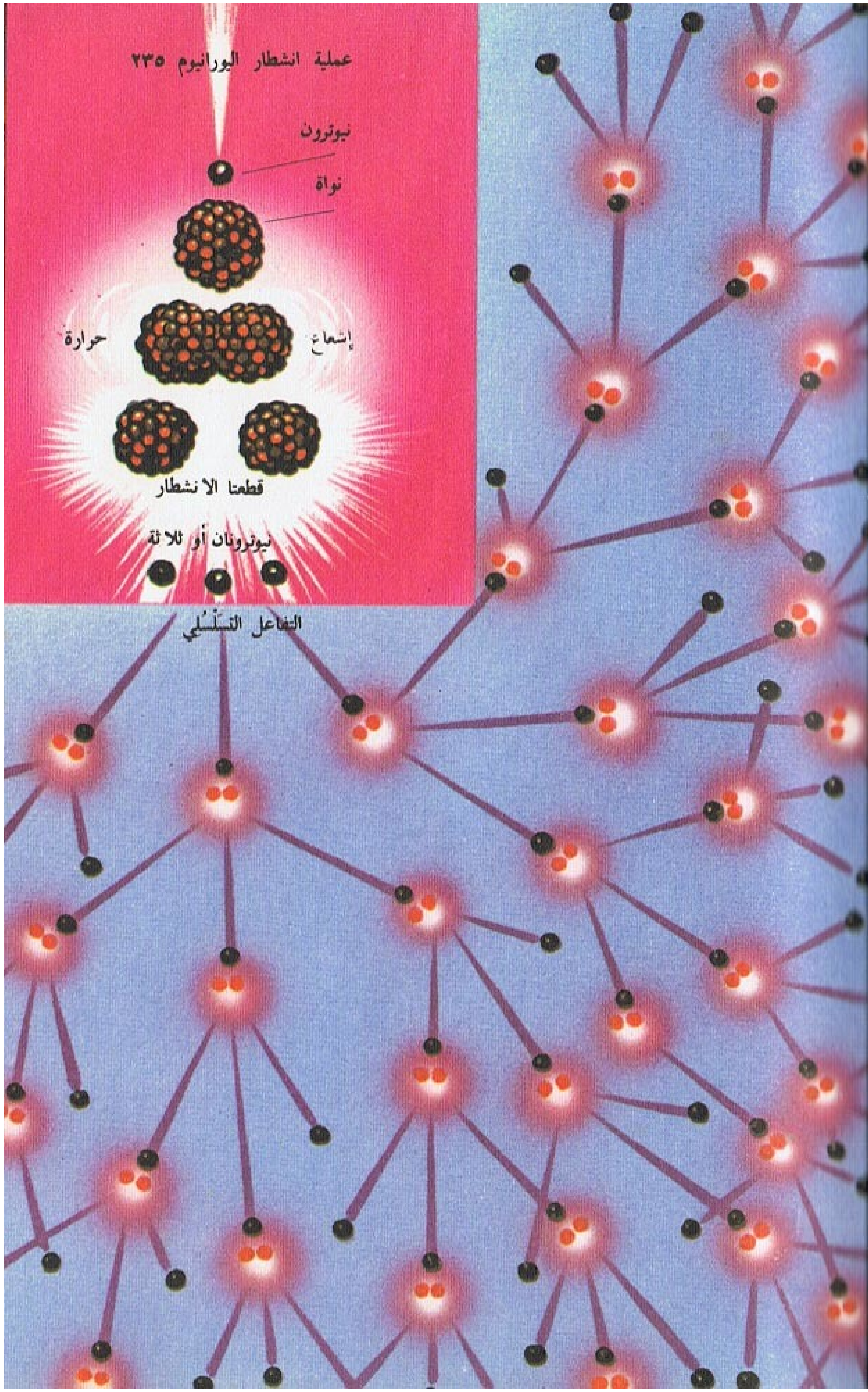
وانتشَرتْ عدةُ آراءٍ تخيُّليّة عن بِنْيَةِ الذرَّةِ ، منها نَموذَجٌ وضعَهُ العالِمُ الدانمركيُّ نيلْز بُوهْر ، وفيه نواةٌ تُحيطُ بها الإلكترونات . وتتألفُ النَّواةُ من دَقائقَ ثقيلةٍ نِسْبيًّا تُسَمَّى البْرُوتُوناتِ والنيُوتْرونات ، بينما الإلِكْترونات المُحيطَةُ بالنَّواةِ ليس لها تقريباً أيُّ وزنٍ .

وجاءَ أوَّلُ دَليلٍ عَمليّ على إمكانيّة استخدام تَفَكُّكِ الذرَّةِ كَمصدرٍ لِلطاقة ، عام ١٩٣٩ ، عندما اكتَشَفَ فيزيائيُّون ألْمانٌ أنَّ ذَرّاتِ اليُورانيوم يمكِنُ أن تَنْشَطِرَ عند قَذْفِها بالنيُوترونات فتَنْشُرَ طاقةً حَراريَّةً كبيرةً وتُطْلِقَ نيُوتروناتٍ إضافيَّةً تعملُ على استِمرار التفاعُل . وأدَّى ذلك إلى وسيلةٍ جديدةٍ لتوليدِ الطّاقَةِ – وهي طريقةُ الانْشطارِ، ويُسَمَّى فيها انفِلاقُ الذرّةِ بالانْشِطارِ – كما يُسَمّى تَتابُعُ الانشِطارِ بالتفاعُلِ المُتسلْسِلِ .



الدكتور جون كُوكْروفت يَعملُ في مُختبر كافِنْدش بجامعة كمبردج

ذرة من اللّيثيوم – تَنفلق بطريقة كوكْروفت ووالتن



عمليَّةُ الانشِطارِ

تَساءَلَ العُلَماءُ عمّا إذا كانتِ الطَّاقةُ المُختَزَنَةُ في نواةِ الذرَّةِ يمكنُ أن تَنْطَلِق باستمرارٍ بفضلِ استعمالِ هذه الوَسيلةِ الجَديدةِ . ولكِنَّهم ظلُّوا يجهلونَ كيفِيَّةَ تحقيقِ هذا الانطلاقِ المُتواصلِ . لقد كانوا يَعلمونَ أنَّه لدى قَذْفِ اليورانيوم بدقائقِ النيوترونات ، يمكنُ أن تَنْفَلِقَ نوى الذرَّاتِ إلى فِلقتين ، فتَتَباعَدَ فِلْقتا الانشِطار بسرعةٍ هائلةٍ ؛ وتُوَلِّدُ هذه العمليَّةُ طاقةً حراريّة .

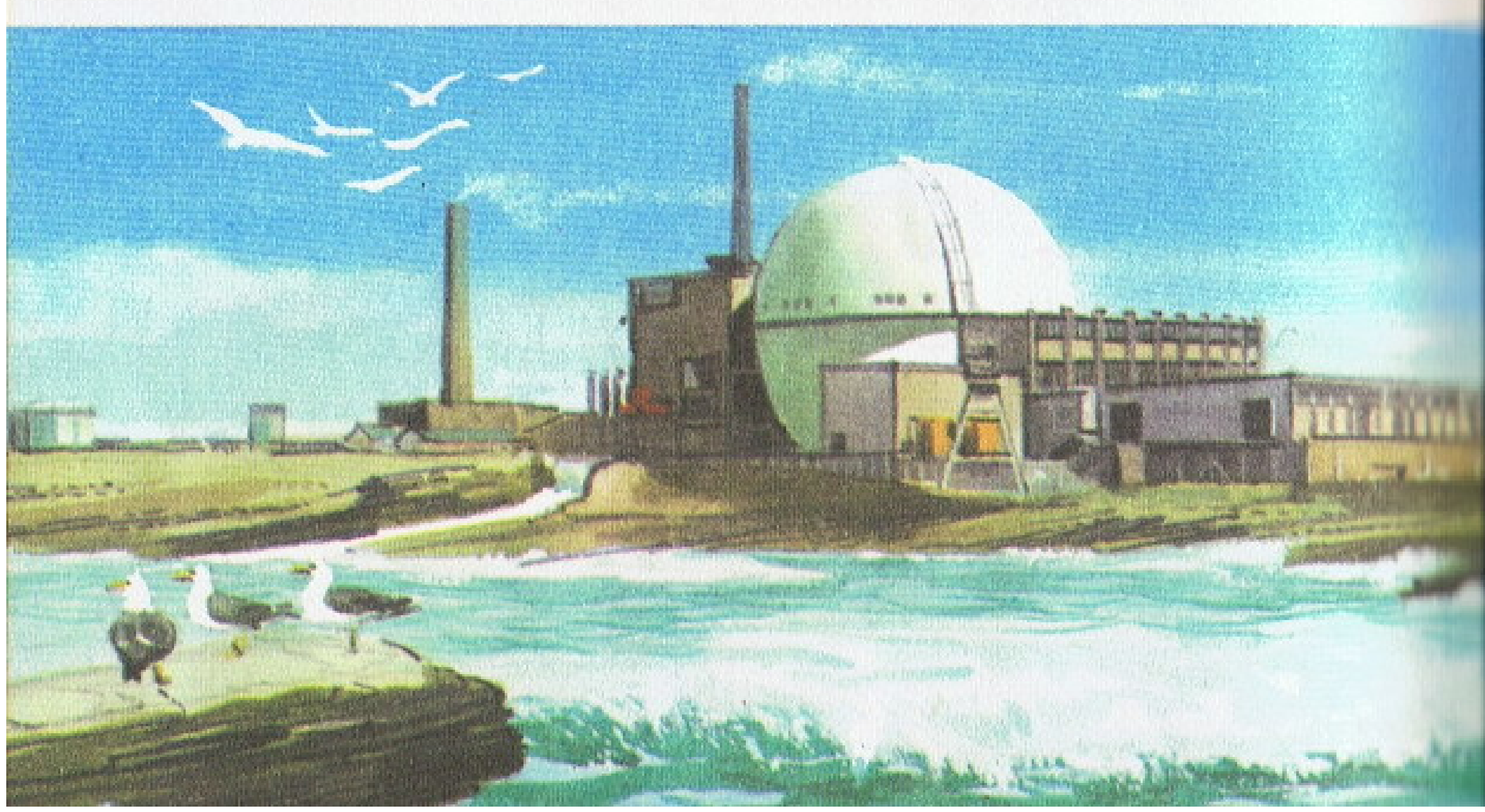
وهنالك شكلانِ آخرانِ من الطَّاقةِ يحصُلانِ عِند الانشِطارِ ، أحدُهما الاشعاعاتُ الشديدةُ النَّفاذِيَّة التي يُمكِنُ أن تُضِرَّ بالأنسِجَةِ والخَلايا البشَرِيَّةِ ، والثاني الطَّاقةُ المُعْطاةُ إلى النيوترونات الإضافيَّةِ المُنْطَلِقَةِ .

كان يُؤَمَّلُ أن تقومَ هذه النُيوترونات المنطَلِقةُ بسُرْعةٍ كبيرةٍ ، بإحداثِ الانشطارِ في ذرَّاتٍ أخرى ، وهكذا يتولَّدُ تَفاعُلٌ تَسلْسُلِيٌّ يمكنُهُ أن يَعملَ على مُواصَلَةِ عمليّةِ الانشطارِ . إلّا أنَّهُ سَرْعانَ ما تبيَّنَ أنَّهُ « في ذلك الحِينِ » لا يُمكِنُ الحُصولُ على عمليَّةِ انشطارٍ مُداوَمَةٍ باستعمالِ فلزِّ اليورانيوم المُستَخْرَج من خاماته الطبيعيّة . إذ إنَّ فِلزَّ « اليورانيوم الطبيعي » هذا ، يتألّفُ من جُزءٍ صغيرٍ جدًّا من اليُورانيوم ٢٣٥ القابلِ للانشِطارِ ، ومن جُزءٍ كبيرٍ جدًّا (يَزيد مائةً وأربعين ضعفاً عَن الأول) مِنَ اليورانيوم ٢٣٨ ، وهو غيرُ قابلٍ للانشطارِ بسُهولةٍ . لذلكَ فقد توجَّبَ على العُلَماءِ إمَّا ان يَستخلِصوا اليُورانيوم ٢٣٥ – وتلكَ عمليّةٌ باهِظَةُ التكاليف ، وإمَّا أنْ يجِدُوا طريقةً لإحداثِ الانشِطارِ ومُداوَمتِه في اليورانيوم الطبيعيِّ .

وقد حُلَّتْ كِلْتا هاتَين المُشكِلَتين .

التفاعل التسلسُليُّ في اليورانيوم ٢٣٥ . ينطلِقُ نيوترونان أو ثلاثةٌ فتَنْبَعِث الطاقةُ بشكلٍ حراريّ





طاقةٌ جديدةٌ

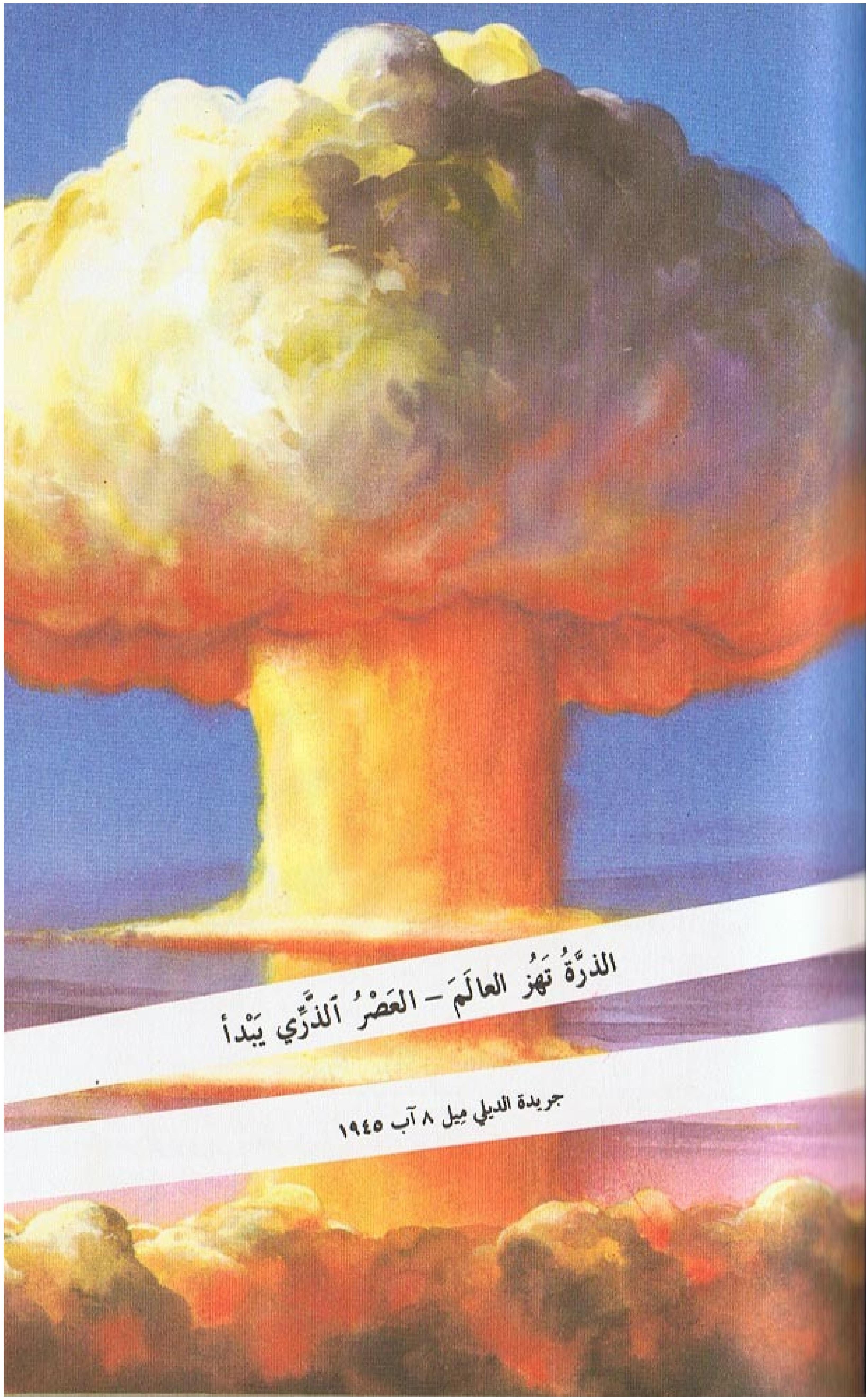
أصبحَ الآنَ باستطاعةِ العُلماءِ النَّوويِّين أن يَروا بعض الإمكاناتِ التطبيقيّةِ لهذا المَصْدرِ الجديدِ للطّاقَةِ . فالحرارَة مَثلاً تتولّدُ داخِلَ المُفاعِلِ الذريِّ .وهذه الحرارةُ يُمكِنُ استعمالُها لتوليدِ البُخارِ وتحريكِ مَجموعةٍ مِن التوربينات البُخاريّة لتوليدِ الكهرباءِ . ويُمكِنُ تحريكُ السُفنِ والغوّاصاتِ بواسِطَةِ المحرِّكات النوويَّةِ ،وربَّما أمكنَ دفعُ الطائراتِ وصواريخِ الفضاءِ بنوعٍ أخفَّ وزنًا من هذه المُحرِّكات .

إنَّ القُوى الكامنةَ في نواةِ الذرةِ ، والتي بُعثَت بشكلٍ استمراريّ بواسطةِ هذا الجهازِ الجديدِ هي أكبرُ بملايينِ المرَّاتِ من أيَّةِ قُوًى كانتْ مُتيَسِّرةً قبلَ ذلك. وفى الواقعِ لو أنه كان بالإمْكان استهلاكُ اليُورانيوم استهلاكاً كاملاً فى المُفاعِلِ الذرِّيّ لَحرَّرَ طاقةً تبلغُ ثلاثةَ ملايين ضِعفِ الطّاقَةِ التي يُعطيها وزنٌ مُعادلٌ له في تفاعُلٍ كيميائيٍّ عادِيّ . لقد أصبحَ الحُلْمُ الذي كانَ يُراوِدُ الكيميائيين في العُصور القديمةِ بِتحويلِ العناصِرِ بعضِها إلى بعضٍ أمرًا مُمكِناً الآن . فمثلاً إنَّ عُنصُرَ البلوتُونيوم – وهو أيضاً قابِلٌ للانشِطارِ – يُمكنُ توليدُه في المُفاعِلِ الذرِّيّ بِقَذْفِ اليُورانيوم الطبيعيّ بواسِطةِ النُيوترونات الناجمةِ عن الانْشِطارِ . ولَمَّا كانتِ الحربُ ما تَزال مُستَمِرّةً حينئذٍ ، فقدْ تركَّزتْ جُهودُ العُلَماءِ على صُنْعِ قُنبُلَةٍ ذرِّيّة قويَّةٍ جدّاً تعتَمِدُ على إحداثِ تَفاعُلٍ انْشِطاريٍّ سَريعٍ جدّاً .

وقدْ جُرِّبَتْ أوّلُ قُنبُلَةٍ ذَرِّيّةٍ في صَحراءِ نيُومَكسيكو بالولاياتِ المتحدةِ في ١٦ تموز ١٩٤٥ .

فوق : تَجربَةُ تفجيرِ قُنبُلةٍ ذريةٍ

تحت : مَركَزُ بُحوثٍ نوويّ للأغراضِ السِّلميّة في دُونري باسكتلندة



بدايةُ العَصْرِ الذرّيّ

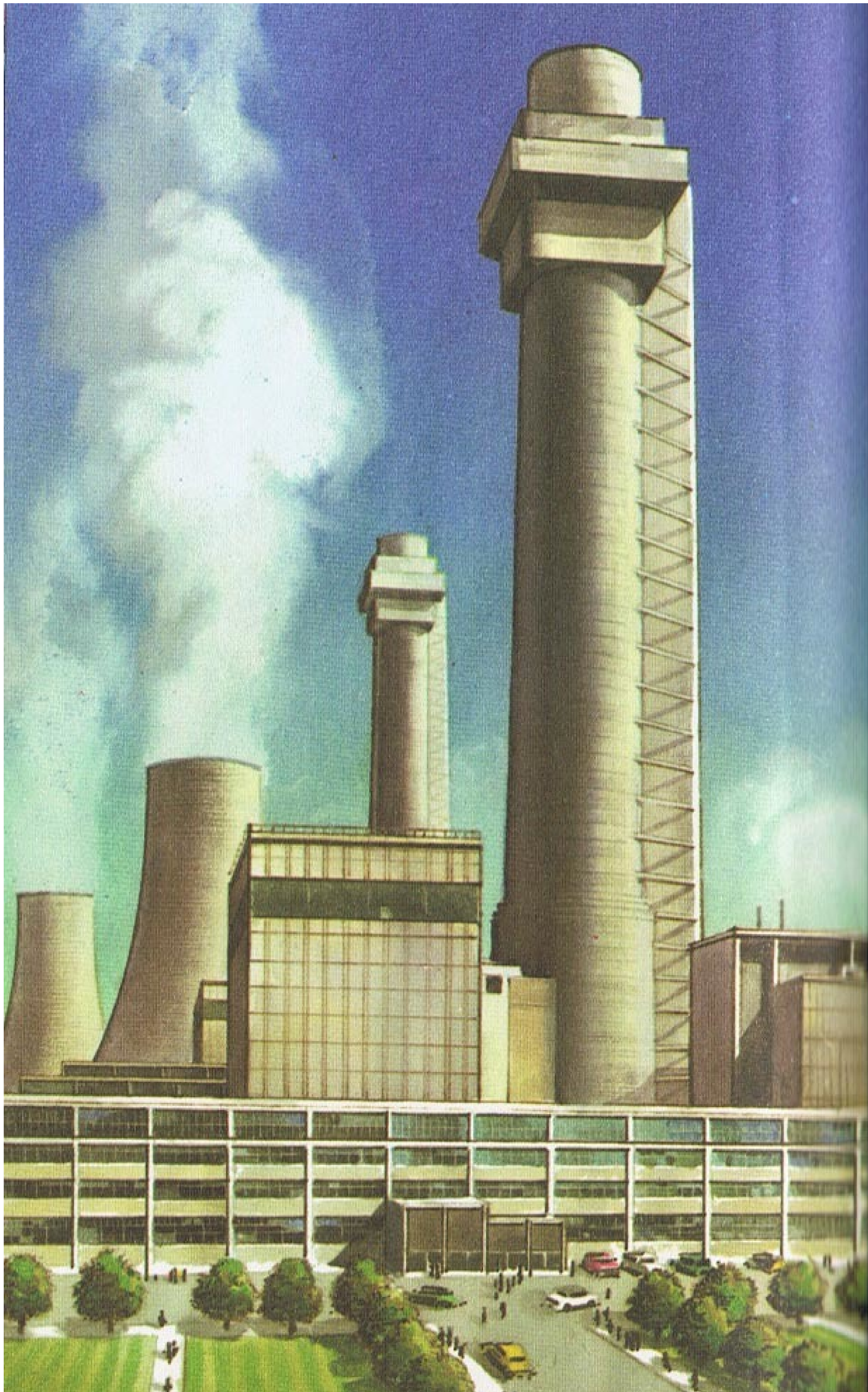
استيقظَ العالَمُ فَجأةً على وَعْيِ هَذه الطّاقةِ العَظيمةِ الجديدةِ حينما أَسْقَطَ الأمريكيُّونَ قُنبلةً ذَرِّيَّةً على مَدينة هيروشيما اليابانيّة في السادسِ من آب ١٩٤٥ ، فأعلنتِ الصحفُ أنَّ عصرَ الذرَّةِ قد وُلِدَ .

لَقد كانَ القسمُ الأعظمُ من الجهودِ المُكَرَّسَةِ لإنجازِ هذه الطَّاقةِ حتّى ذلك التاريخ يجري في الولاياتِ المتحدةِ وألمانيا . ولكنْ لم يَمْضِ سِوَى بَعضِ الوقتِ حتى بدأَت كلٌّ من المملكةِ المتَّحدَةِ وكَندا وفرنسا والاتحاد السوفييتي والصين والهند بَرامِجَها الذرِّيّةَ الخاصّةَ .

واليُورانيُوم الذي كانَ في الماضي مُنتَجًا ثانويًّا مُهمَلاً في عملياتِ التَّعدينِ ، أصبحَ الآن فِلزًّا مُهمًّا جدًّا . وانتشرت حُمَّى التفتيش عن اليُورَانيومِ في عدةِ نواحٍ من العالمِ .

تحتاجُ القنبلةُ الذريّةُ إمّا إلى اليُورانيُوم ٢٣٥ بحالةٍ نقيَّةٍ جدًّا أو إلى فلزّ جديدٍ ، من صنعِ الإنسان هو البلوتونيوم . ولمّا كانَ الحصولُ على كمّيّاتٍ وافرةٍ من اليُورانيوم ٢٣٥ من اليُورانيوم الطبيعي يستغرقُ وقتاً طويلاً ، فقد تقرَّرَ الحصولُ على البلوتونيوم من نِتاجِ عمليَّةِ الانشِطارِ . ولإنتاجِ البلوتُونيوم بكميَّاتٍ كافيةٍ وجَبَ تَشييدُ عدَّةِ مُفاعِلاتٍ ذرِّيَّةٍ . وتلكَ، وإنْ كانتْ مهمةً شاقَّةً باهِظةَ التكاليف ، إلاأنَّ تجربَةَ قَمين فيرمي قد برهنَتْ على أنَّ عمليةَ الانشِطارِ هي عَمليَّةٌ ناجحةٌ وقابلة للتطبيق . وهكذا وُلِدَ الجيلُ الأولُ من المُفاعلات الذريَّةِ ، التي استُخْدِمَتْ لإنتاجِ البلوتونيوم ولِأَغراضِ التجارب العلميّة أيضًا .

أنباءُ تَفْجير أوّلِ قُنْبلَةٍ ذَرّيّةٍ تَتَصَدَّرُ صُحُفَ العالم



المُفاعلاتُ الذرّيّةُ الأولى

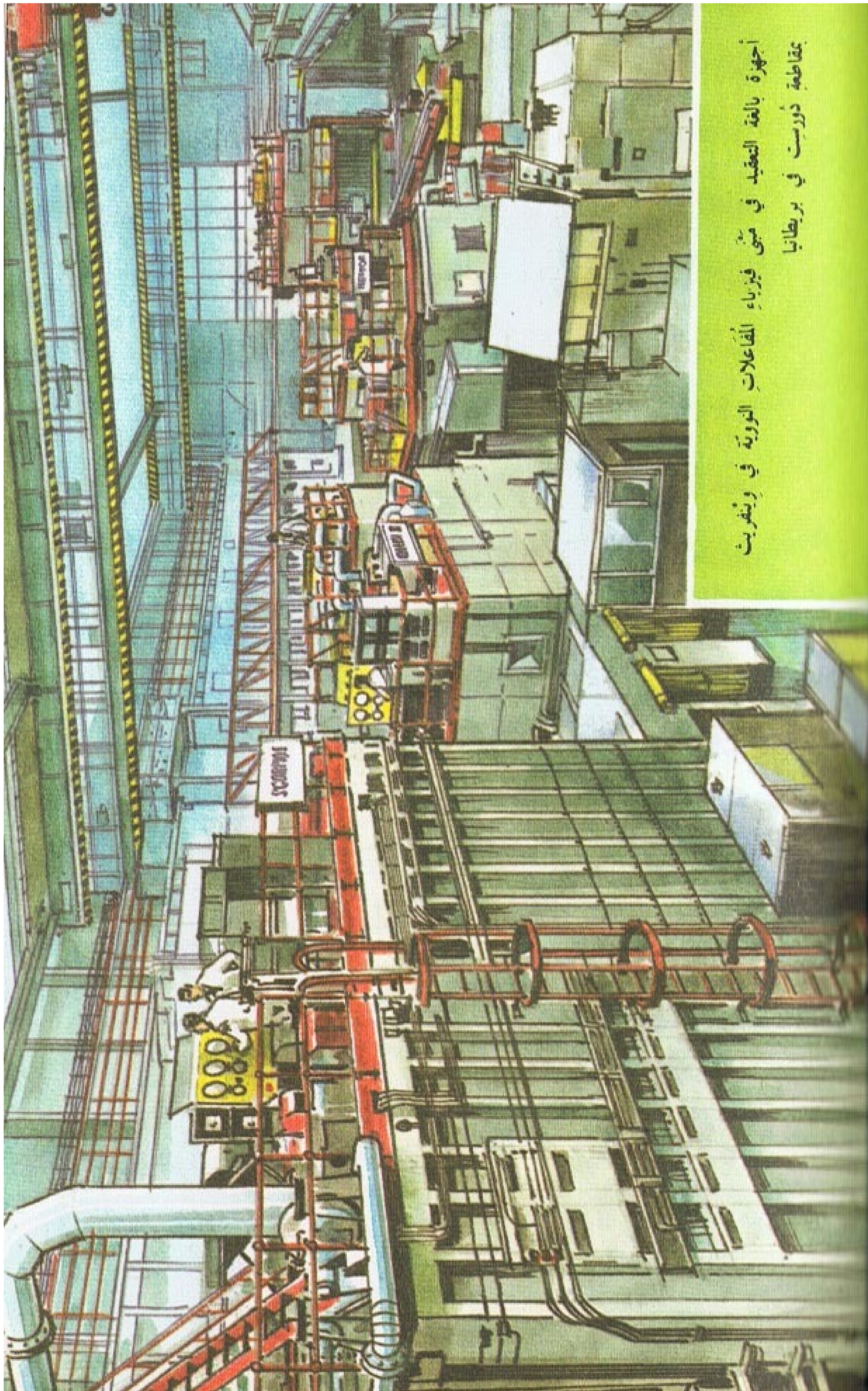
بعدَ قَمين فِيرمي ، الذي لم يكُنْ باستطاعته أن يُنتِجَ أكثر من مائتي واط من القُدرة كطاقةٍ حراريّة ، شُيِّدَ في الولاياتِ المتحدةِ عدّةُ مُفاعلاتٍ كبيرةٍ مُنتِجَةٍ للبلوتونيوم .

أما أولُ مُفاعلٍ ذَرّي في بريطانيا فقد بدأ بالعمل عام ١٩٤٧ في هارْويل ، وأُطلِقَ عليه اسمُ « قَمين الغرافيت التجريبيّ ذو الطاقةِ المُنْخفِضةِ » . واليومَ أصبحَ لكثيرٍ من البلادِ مُفاعِلاتُها الخاصّةُ التي تعملُ لإنتاجِ البلوتونيوم او لِكَسْبِ الخِبْرةِ في مَجال الطاقة النووية . إنّ المُفاعلاتِ الأولى وإنْ كانَتْ مُشابِهةً في الشكلِ لِقَمين فِيرمي، إلا أنَّ تِقْنِيّاتٍ وطرائقَ جديدةً قد أُدخِلت عليها نظرًا لكِبَرِ حَجمها وزيادة قُدراتِها ، فأصبحَت المفاعلاتُ المُنْتِجةُ للبلوتونيوم قادرةً على توليدِ ملايينِ الواطّات من القدرة بشكلٍ طاقةٍ حراريّة .

إنَّ بعضَ الموادِّ التي استُخْدِمَتْ في صُنْعِ المُفاعلات الأولى لَنْ تَستطيعَ تَحمُّلَ دَرجاتِ الحرارةِ العاليةِ المُتولِّدَة في المُفاعِلات الكبيرةِ الحديثةِ. فمثلاً قُضبانُ الوَقودِ كانَتْ تُصفّحُ بالألمنيوم ، وهذا الفِلزُّ يَنصهر بحَرارة المفاعلات الجديدة ، ولذلك فقد غدا من الضروريّ تَبريدُ هذه المُفاعلاتِ بطريقةٍ ما ، وقد تحقَّقَ ذلك عَمَليًّا بإمرارِ الهَواءِ أو الماءِ عَبْرَها .

لَقد أصبحت قضبانُ الوَقودِ ، مع تَغليفِها المَعدنِيِّ ، تُعرفُ باسم عناصرِ الوَقُودِ . وهي في المُفاعلاتِ الذريَّةِ الحديثة تختلفُ كلَّ الاختلافِ عن قُضبانِ الوَقودِ التي استُعْمِلَتْ في قَمين فِيرمي الأصليِّ .

انطباعُ فنّانٍ عن بَعضِ مُفاعِلات البلوتونيوم في المملكةِ المتحدة



أجهزة بالغة التعقيد في مبنى فيزياء المفاعلات النووية في وينفريث بمقاطعة دورسيت في بريطانيا

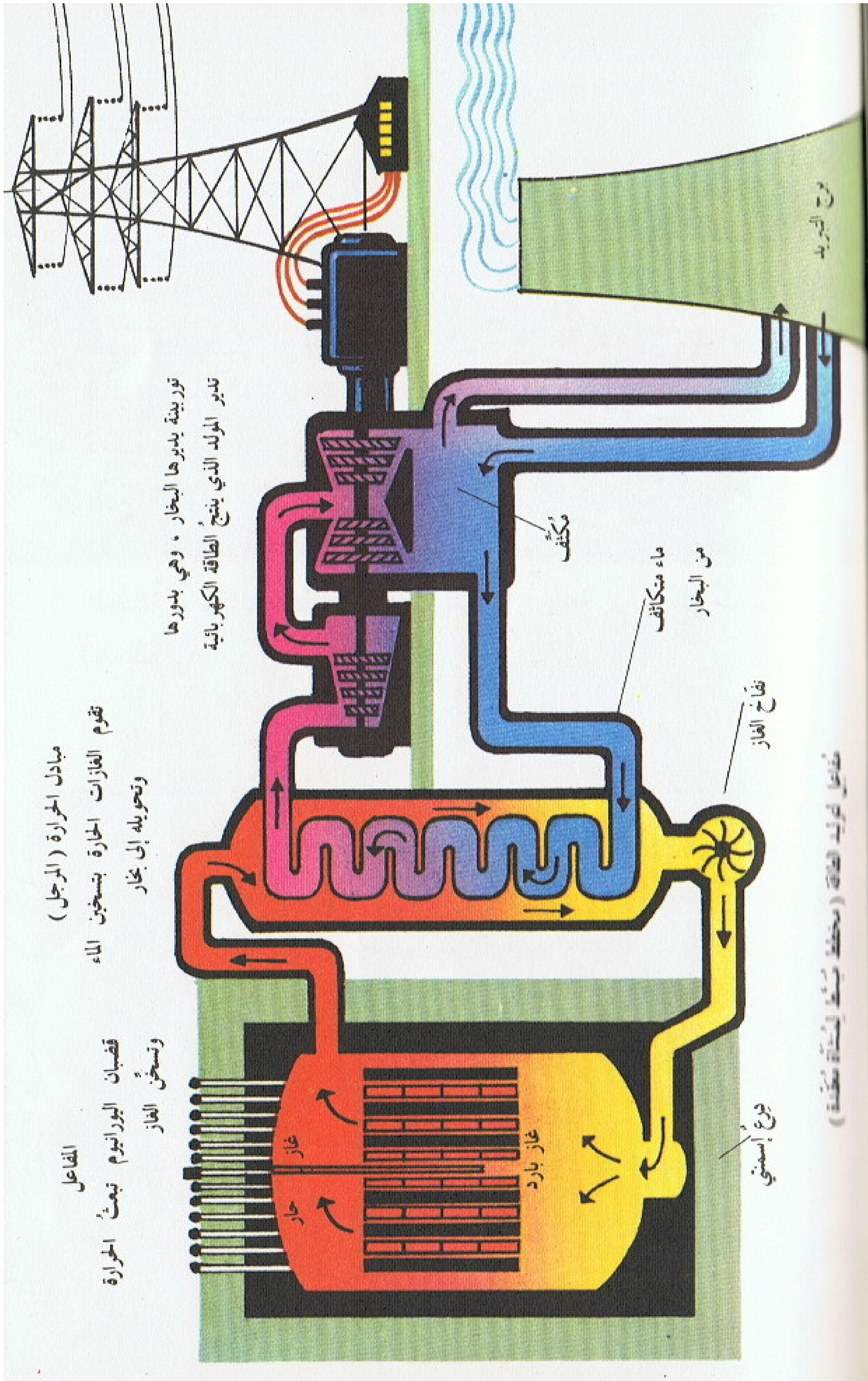
من الأَفران الذرِّيَّةِ إلى المُفاعِلاتِ النوويَّـةِ

مَعَ تزايُدِ خِبْرةِ عُلماءِ الذرَّةِ في هذا العلمِ الجديدِ ، بَدَتْ لهم أفكارٌ وآراءٌ جديدةٌ حولَ الكيفيَّةِ التي ينبغي أَنْ تُصْنَعَ بها الأفرانُ الذريَّةُ . لقد قِيلَ إنه يُمْكِنُ أن يُصنَعَ منها أكثرُ من ألفِ نوعٍ ، ولكن يمكنُ في الواقعِ اختزالُ هذا العددِ إلى عدّةِ أنواعٍ فقَط .

كانت الأفرانُ الذرِّية الأولى تَسْتَخْدِمُ الغرافيتَ كمادةٍ مهدِّئةٍ ، وكان المُهدِّئُ ركنًا أساسيًّا في تلك المُفاعلات الأولى التي استخْدَمَتْ وَقُودَ اليُورانيوم الطبيعيّ . على أنَّ ثَمَّةَ موادَّ مهدِّئَةً أخرى يُمكنُ اعتمادُها ومنها الماءُ ، وكذلكَ نوعٌ آخرُ من الماءِ يُسَمَّى « الماءَ الثقيلَ » . والماءُ الثقيلُ هذا هو أَحسنُ مُهَدِّىءٍ للمُفاعلات الذريّة،ولكنَّ انتاجَهُ يُكَلِّفُ غالياً،ولذلكَ فقدِ استُخْدِمَ الغرافيت والماءُ العادي . والماءُ العاديّ المُستَخْدَمُ للتَّهدئةِ يُمكِنُ أن يُستَعْمَلَ أيضاً لأغراضِ التبريدِ .

وقَد تبيّن فيما بعد أنَّ بعضَ الغازاتِ يُمكِنُ أن تُستَخْدَمَ للتبريدِ ، ومن بَيْنِها الهِليوم وثاني أكسيد الكربون ، كذلكَ تبيّن أن بعضَ المعادِنِ المَصهورةِ كالصُّوديوم مفيدةٌ أيضا لهذا الغرض ولا سيّما إذا كانَ هنالك كمياتٌ كبيرةٌ من الحرارة يُرادُ تَبديدُها بسُرعةٍ . ولَم يمضِ وقتٌ طويلٌ حتى بُذِلَتِ الجُهودُ للاستفادةِ من هذه الحرارةِ المَهدورةِ في المُفاعلات . وطغت كلمة « المُفاعِل » على لَفظَتَي « القمين » و « الفُرن » اللتين كانتا تُسْتَعْمَلانِ قبلاً .

وتوجدُ حاليًّا مُفاعلاتٌ نَوويّةٌ صُمِّمَتْ لِلعَمل في مَحطَّاتِ توليدِ الكهرباءِ بالطاقة النوويّةِ ، مُستَخدِمةً حرارتَها النووية في توليدِ الكهرُباءِ .



مفاعل لتوليد الطاقة (مخطط مبسط لمحطة نموذجية)

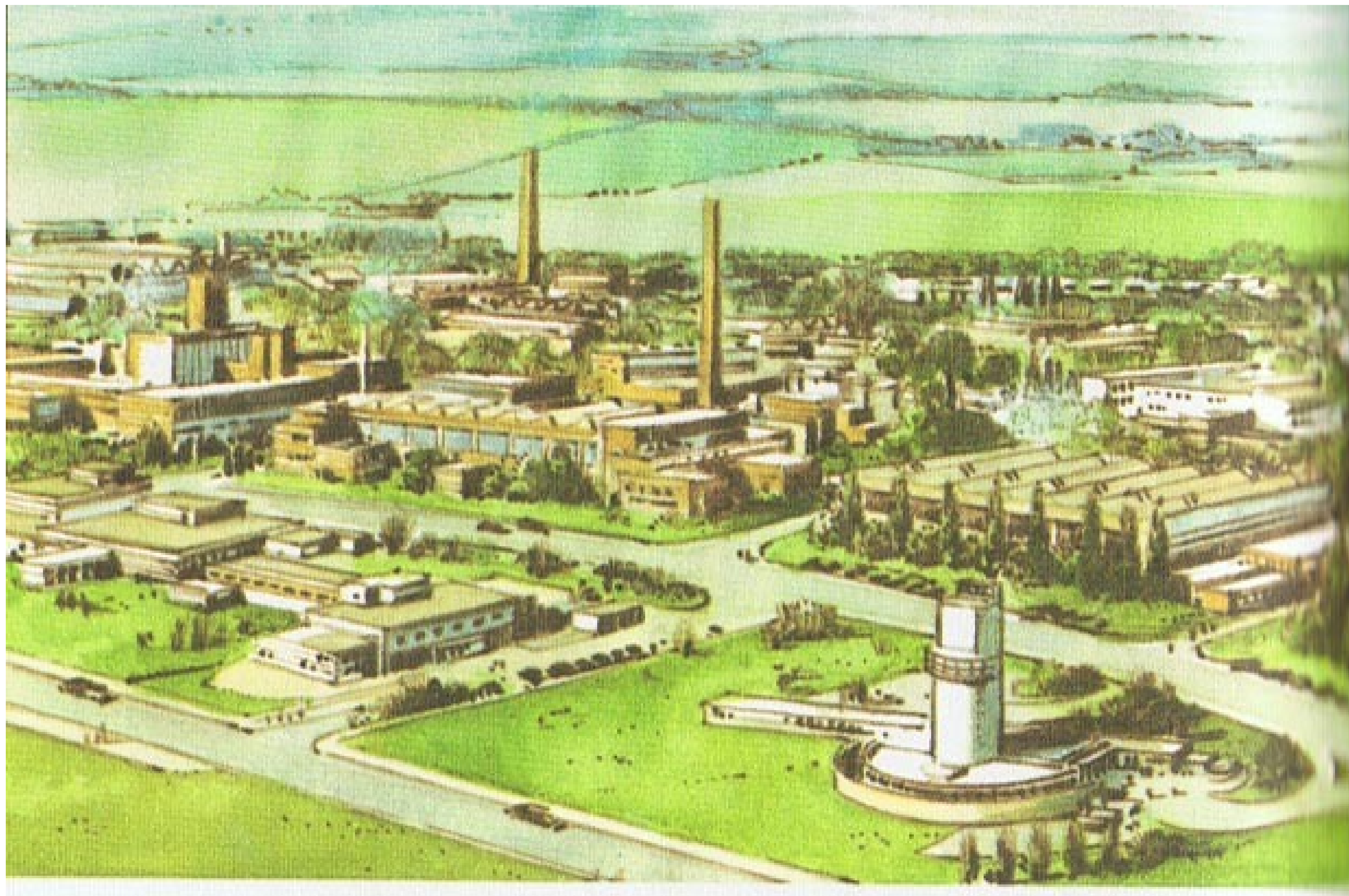
المحطّاتُ النوويَّةُ الأولى لتوليدِ الطَّاقةِ

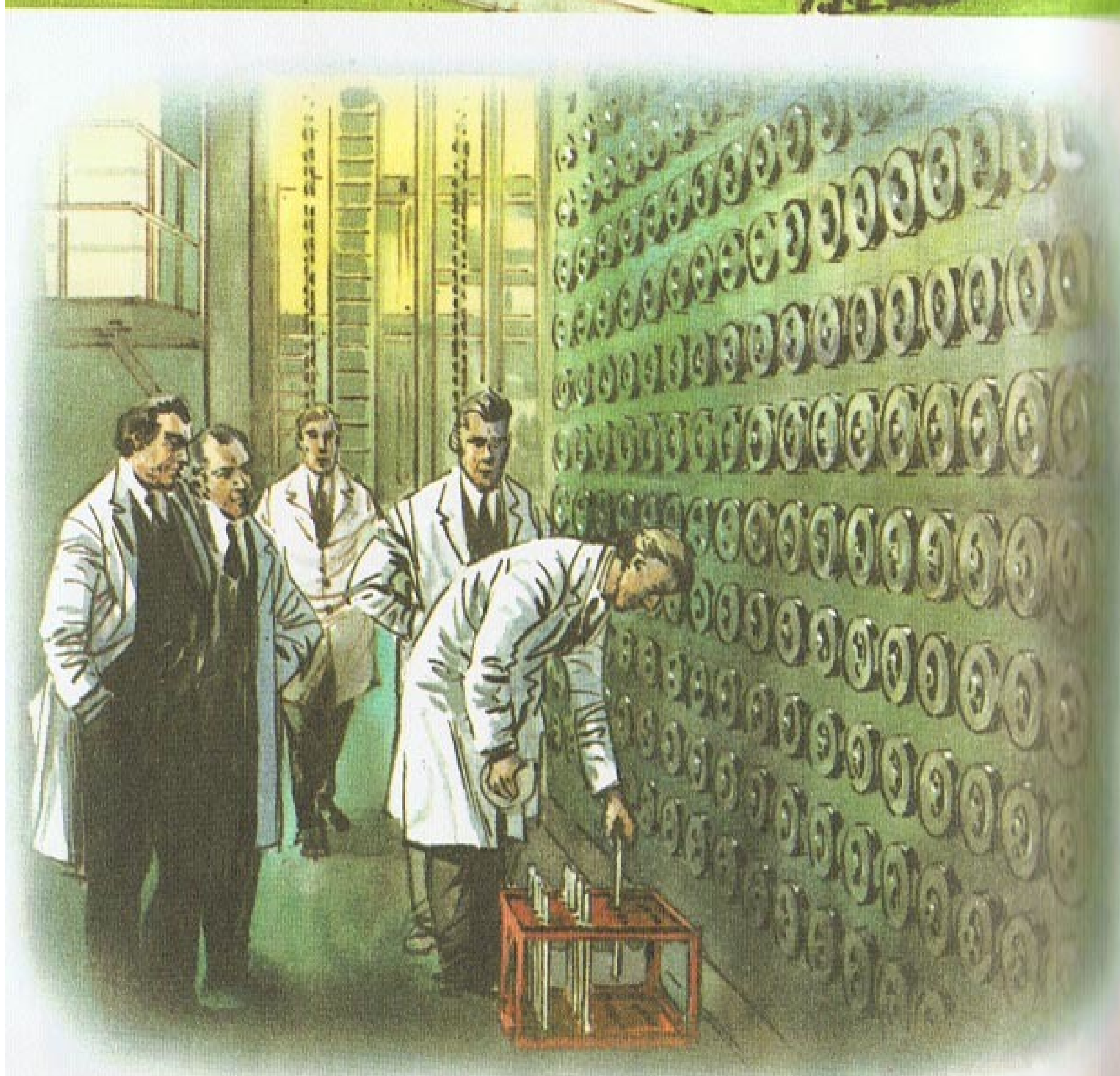
إنَّ أولَ طاقةٍ كهربائية أُنتِجَتْ بالحرارةِ الناجمةِ عن المُفاعِلاتِ النوويَّةِ ، كانت في ولايةِ أيداهو بالولاياتِ المُتَّحدةِ عام ١٩٥١ . والمعروف أنه كان لدى الروسِ محطةٌ نوويَّةٌ تجريبيَّةٌ قَيْدُ التشغيل عام ١٩٥٤ . ولكنَّ أَوَّلَ محطةٍ نووية في العالَم لإنتاج الكهرُباء على نِطاقٍ واسعٍ افتُتِحَتْ في تشرين الأول عام ١٩٥٦ في كُولْدَرْهول بمقاطعة كمبرلاند في المملكةِ المتَّحدةِ .

تتألفُ مجموعةُ كولْدَرْهول من مُفاعِلين نوويَّين ومحطةٍ لتوليدِ الكهرباءِ تُنتِجُ قُرابةَ ثمانين مليون واط مِنَ القُدرةِ الكهربائيَّةِ . ويوجدُ اثنتان من هذه المجموعاتِ قَيدَ العملِ في كولْدَرْهول . وقد شُيِّدَ من أمثالِها وعلى التصميمِ نفسه محطَّاتٌ كثيرةٌ فيما بعدُ . واستُعمِلَ الغرافيتُ لِتهدئةِ التفاعُلِ . أما الوَقودُ فهو قضبانٌ من اليُورانيومِ الطبيعيِّ . ويُبَرَّدُ المُفاعِلُ بغازِ ثاني أكسيد الكربون ،كما يُستَعملُ هذا الغازُ لنقلِ حرارةِ المُفاعِلِ إلى الماءِ في المراجلِ حيثُ يولِّدُ البخارُ الذي يُحرِّكُ مجموعةَ التوربين والمُولِّدِ الكهربائيِّ .

هنالك نوعٌ آخرُ منَ المُفاعِلاتِ النوويَّةِ يُستَعملُ كثيراً لتوليدِ الطاقةِ الكهربائيةِ وفيه يَعملُ الماءُ كَمُهَدِّىءٍ ومُبَرِّدٍ ، وأمَّا الوَقودُ المطلوبُ في هذا النوعِ من المُفَاعِلاتِ فيحتوي نسبةً من اليُورانيوم ٢٣٥ أعلى من النسبةِ الموجودةِ في اليُورانيوم الطبيعي ، ويُعرَفُ باسمِ الوَقودِ المُغْنَى أو المُزَوَّدِ . وأولُ محطَّةٍ من هذا النوعِ انتهى تشييدُها عام ١٩٥٧ في شِيبْنغْبُورْتْ بالولايات المتحدة .

وبالرغمِ من أنَّ هذه المحطَّاتِ النوويةَ الأولى للطاقةِ كانت إنجازاً عَظيما ، فإنَّهُ يَبقى ثمَّةَ مَجالٌ فسيح لِتحسيناتٍ كثيرةٍ .





نُشوءُ صناعةٍ جديدةٍ

إنَّ تصميمَ محطَّاتِ الطاقةِ النوويَّةِ وتشييدَها يتطلَّبانِ جُهوداً عظيمةً يُشاركُ فيها الناس من مُختلفِ الفئاتِ والاختصاصات . وقد شكَّلتْ دُولٌ عديدةٌ مُنظَّماتٍ خاصّةً ومَراكزَ للبحثِ . وبدأَ تطويرُ الطاقةِ الذرِّيَّةِ ونموُّها في المملكةِ المتحدةِ في نهاية عام ١٩٤٥ بإشرافِ وزارة التموينِ . وفي عام ١٩٥٤ شُكِّلَتْ سُلْطَةٌ خاصَّةٌ هي سلطةُ الطاقةِ الذرية قامَتْ برعايةِ وتشجيعِ كثيرٍ من البحوثِ وبتصميمِ مراكزَ وأمكنةٍ لصُنْعِ الوَقُودِ وعناصرِ الوَقودِ . وقد ضَمَّتْ إليها شَركاتٌ خاصّةٌ جُهودَها لتَشييدِ محطّاتٍ نوويَّةٍ لتوليدِ الطاقة أوصَتْ عليها مَجالِس الكهرباءِ المختلفةُ ، وكانتْ هذه المحطاتُ بدورِها بحاجةٍ إلى رِجَالٍ مُتخصِّصين لِتَشغيلِها .

وتَضمَّنَ تطوُّرُ هذه الصِّناعةِ الجديدةِ إنتاجَ النظائرِ المُشعَّةِ، وهي موادُّ كالحديدِ والكوبالت واليود يُمكِنُ جعلُها مُشِعَّةً في المُفاعِلِ النوويِّ . ونَشاطُها الإشعاعيُّ ، أي إصْدارُها لمُخْتلِفِ أنواعِ الإشعاعاتِ يمكنُ أن يُستَخْدَمَ لِغاياتٍ مُتَعدِّدةٍ . فالمُستشفياتُ تستَخْدِمُها لِتَشخيصِ الأمراضِ ومعالَجَتِها، وكذلكَ لها في مَجال الصِّناعَةِ عِدّةُ استِعمالاتٍ مُهِمّة .

إنَّ الأيّامَ الأولى لِكلّ مُغامَرةٍ جديدةٍ تولِّدُ الرُّوحَ الرائِدةَ ، وهذه الصناعةُ الجديدةُ لَم تشِذَّ عن ذلكَ .

فوق : مَنْظَرٌ جَويٌّ لمركز البحوث النووية في هارويل بجنوب انكلترا
تحت : واجهةُ التزويدِ بالوَقُودِ في أحد مُفاعِلات هارويل الأولى

الحاسباتُ الإلكترونيّة تُساعد في تصميمِ المُفاعِلاتِ النوويَّةِ

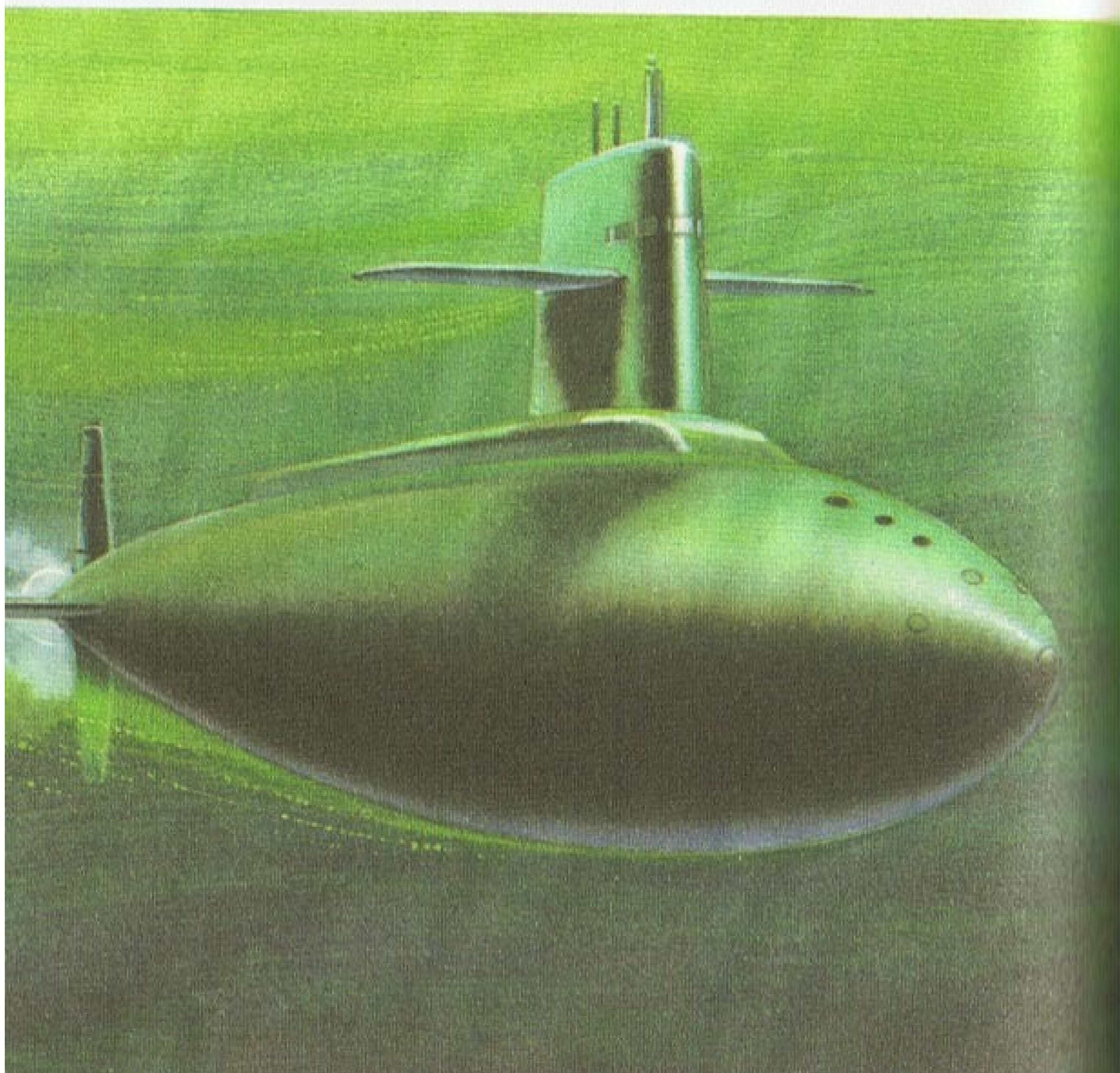
تحوي مَراكزُ البُحوثِ النَّوويَّةِ الآنَ عدّةَ حاسباتٍ كبيرةٍ فعَّالةٍ تقومُ بحساباتٍ مُطوَّلة ومُعَقَّدة جدًّا ، بسُرعةٍ تفوقُ بكثيرٍ سُرعَةَ العقلِ البشَريِّ . وهذه الحاسباتُ هي أصلاً على نوعَين : رَقْميَّة وَنسبيّة . فالحاسِبةُ الرَّقْميّةُ تشبهُ آلَةً كبيرةً من آلاتِ تسجيلِ الحساباتِ ، من حيثُ انّها تَستطيعُ القيامَ بالحِساباتِ على مَراحِلَ الواحِدَةِ بعدَ الأُخرى . وهي تمتازُ بدقَةٍ كبيرةٍ وتُستَعْمَلُ خاصةً في حِساباتِ فيزياءِ المُفاعلاتِ .

وتعملُ الحاسبةُ النِّسبيّة أو القياسيَّةُ بطريقةٍ شَبيهةٍ بعَدَّادِ السُّرْعةِ في السيّارةِ من حيثُ انها تَقومُ بالعمليّات الحسابيّة باستمرار . وهي تُستَعمَلُ أساساً في دِراسةِ سُلوكِ مَجموعةِ المُفاعلِ . وكِلا نَوعي الحاسِباتِ هذين مَصنوعٌ من عناصرَ ومُقوِّمات إلكترونيةٍ . وقد تحتاجُ الحاسباتُ إلى مكانٍ كبيرٍ لاستيعابها ، وكثيراً ما نرى نماذج أو مُخَطّطَاتٍ لمحطَّاتِ القُوى فنجدُ فيها الحاسبات إلى جانبِ المُفاعلات . تُرسِلُ الحاسِبةُ إشاراتٍ إلى مركزَ تحكُّمٍ صُوَريّ ، حيثُ يمكنُ لمشغِّلي محطَّةِ القوى أو لمصمِّميها أن يُجْرُوا اختباراتِهم بدونِ أنْ يستعملوا محطَّةَ القُوى فِعلاً . ولكلٍّ من نَوعي الحاسباتِ هذين مميِّزاتُهُ وعيوبُه . ويُصنع حاليًّا نوعٌ جديدٌ من الحاسبات الإلكترونية العلميّةِ يُسمَّى بالحاسبةِ الهجينةِ وهو يجمعُ مَزايا نَوعَي الحاسِبَتين في جِهازٍ واحدٍ .



مجموعةُ الحاسبةِ الهجينة





الطّاقةُ النَّوويّةُ تغزو البحار

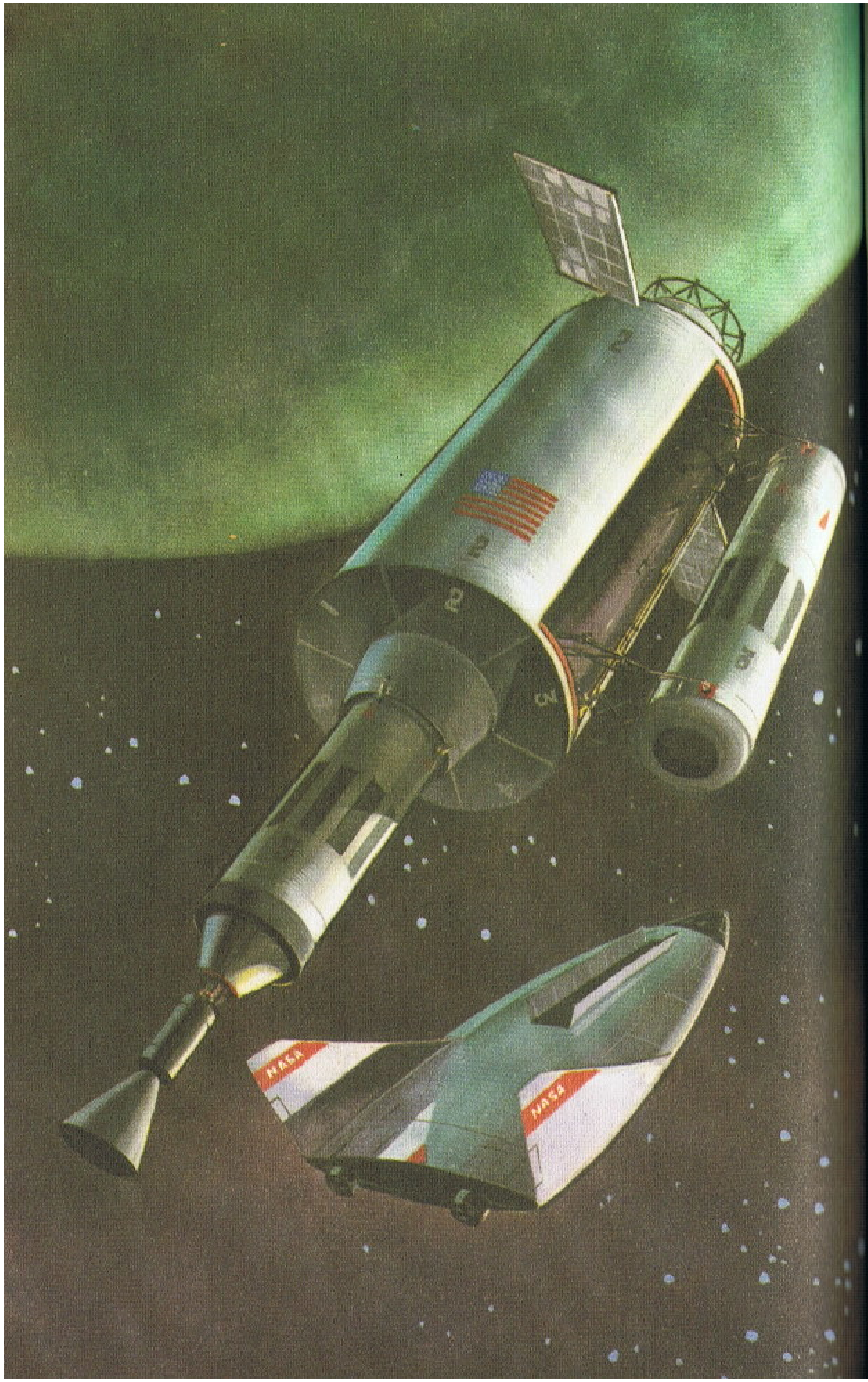
تميّزَ عامُ ١٩٥٥ بقيامِ أوّلِ غوّاصةٍ تُسيَّر بالطاقةِ النوويّةِ – واسمُها نُوتيلوس – برحلتِها الأولى . صُنِعَتْ هذه الغوّاصةُ في الولاياتِ المتّحدةِ ومنذُ ذلكَ الحينِ بُنِيَتْ غوّاصاتٌ كثيرةٌ غيرُها . وهذه الغوّاصات النوويّةُ تُستَخْدَمُ لحملِ صواريخَ مُجَهَّزةٍ برؤوسٍ نوويّةٍ . وهي تَقْدِرُ على السيرِ بسُرعةٍ كبيرةٍ ولا تحتاجُ إلى إعادةِ تزويدِها بالوَقودِ إلا بعدَ مُدَّةِ سنتين ، ومن الجدير بالذكر أنّه بالرغمِ من أنَّ الغوّاصةَ نوتيلوس قَطَعتْ مَسافة ٦٠ ألفَ ميلٍ ، « ربعُها تحتَ الماءِ » فإنّ الوقودَ المُستهلَكَ لم يَزِدْ حجمُه على حَجمِ كرةِ الكريكِت .

لقد كانَتْ هنالكَ عقباتٌ عديدةٌ لا بدَّ من التغلُّبِ عليها قبلَ أن يُمكِنَ استعمالُ المُفاعِلِ لمثلِ هذهِ الغايةِ . إذْ يَجبُ مثلاً أنْ يكونَ المُفاعِلُ خفيفاً صغيرَ الحجمِ ، بينما كانتِ المُفاعِلاتُ الأولى المهدَّأةُ بالغرافيت والعامِلَةُ باليُورانيوم الطبيعيِّ ثقيلةً وكبيرةً جدًّا . وهكذا صُمِّمَتْ مُفاعلاتٌ جديدةٌ تعتمدُ على الماءِ للتّهدئَةِ والتبريدِ .

تمتلك البَحْرِيَّةُ الأمريكيَّةُ أيضاً بوارجَ وسُفُناً بَحريةً طَفويّةً تُسيَّرُ بالطاقَةِ النوويةِ ومن بينِها حاملةُ طائراتٍ كبيرةٌ اسمُها إنتَرْبرايْز .

ولم يُصنَعْ من السُّفُنِ التِّجاريَّةِ المُسيَّرةِ بالطّاقةِ النوويةِ إلا القليلُ . وأوَّلُها كاسِحَةُ الجَليدِ السوفييتيَّةُ « لينين » ثم الباخِرَةُ الأمريكيَّةُ « سافانا » وهي سفينة نقلٍ مُختَلِط تَنْقُلُ الرُّكّابَ والبضائعَ . ولا رَيْبَ في أنّه لن يمضِيَ وقتٌ طويلٌ حتى نَرى العديدَ من السُّفُنِ التِّجاريّةِ المُسيَّرة بالطاقةِ النوويّةِ تَمْخُرُ عُبابَ المُحيطاتِ .

فوق : باخرةُ ركابٍ وشَحْنٍ تُسيَّرُ بالطاقةِ النوويةِ
تحت : غَوّاصَةٌ تعملُ بالطاقةِ النوويةِ



عصرُ الفضاءِ يلتقــي بعصرِ الذرّةِ

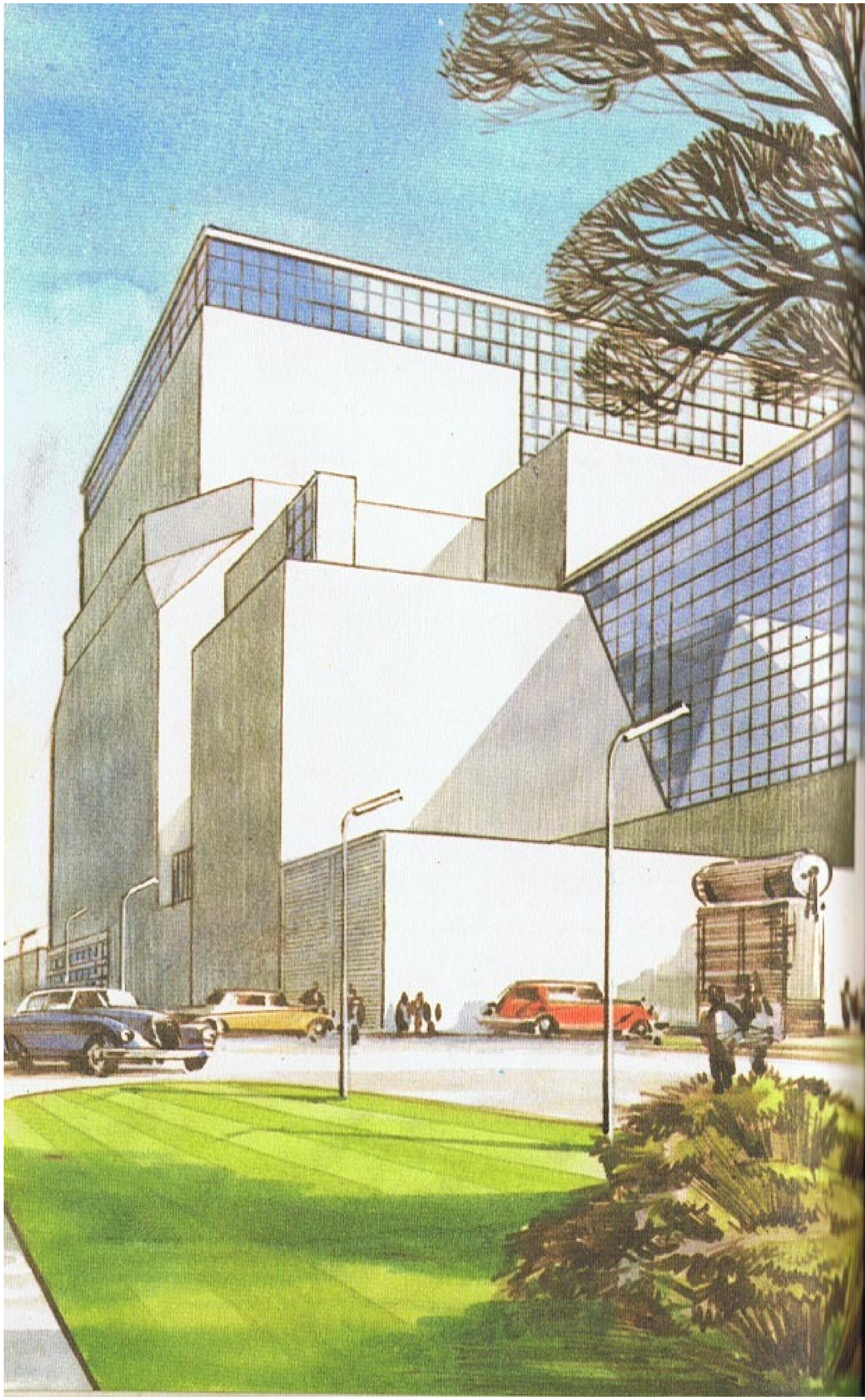
بحلولِ عَصْرِ الفَضاءِ والاحْتِياجِ إلى مُحَرِّكاتٍ قويّةٍ جدًّا لدفعِ صواريخِ الفضاءِ ، كانَ من الطبيعيِّ أن يُفكِّرَ العُلماءُ في استخدامِ الطاقةِ النوويةِ لتشغيلِ هذه المُحَرِّكاتِ . ولا رَيْبَ في أنَّ مُحرِّكاتٍ نوويّةً كهذه ينبغي أَنْ تكونَ خفيفةً صغيرةَ الحجمِ وعظيمةَ القُدرة . كما أنَّ ضَرورةَ تدريعِ المُحَرِّكِ النوويِّ لوِقايةِ ملّاحي الفضاءِ من آثارِ الإشْعاعِ تَطْرَحُ مَشاكلَ لا يُمكِنُ اجْتنابُها بسببِ زِيادةِ الوَزْنِ .

لقد صُنِعَتْ مُحَرِّكاتٌ نَوويّةٌ تَجريبيّةٌ للصَّواريخِ وجُرِّبَتْ بنَجاحٍ في اختباراتٍ أرضيَّةٍ لها . وأَوَّلُها المُسَمّى « كيوي ١ » وقد صُنِعَ في الولاياتِ المتحدةِ في تموز ١٩٥٩ . إنَّ مُحرِّكاتِ الصواريخِ ذَواتِ الوَقودِ الكيميائيِّ قد مكَّنَت الإنسانَ من النُّزولِ على أقربِ جيرانِ الأرضِ من الكواكِبِ وهو القمرُ . ولما كانَ سَبْرُ الفضاءِ وريادتُهُ يتقدّمان نحو الكواكِبِ السيَّارةِ الخارجيّةِ من النِّظامِ الشَّمْسيِّ أو إلى ما بعدَ ذلك في الكونِ . فإنَّهُ من المؤكَّدِ تقريباً أنَّ الإنسانَ سيحتاجُ إلى محرِّكاتٍ نوويّةٍ للصواريخِ الفضائيّة .

وأولُ استِعْمالٍ خُطِّطَ لهذه المحرِّكاتِ في الفَضاءِ هو دَفعُ سُفُنِ الفضاءِ العامِلَةِ بانتظامٍ بين مَداراتٍ قَمريّةٍ ومَداراتٍ أرضيّةٍ .

والاستعمالُ الآخَرُ للطَّاقةِ النوويةِ في الفَضاءِ هو من أجْلِ توليدِ الكهرباءِ . وقد صَنَعَت الولاياتُ المتَّحدةُ مُوَلِّدًا وَقودُه البلوتونيوم استُخْدِمَ لِتوليدِ طاقةٍ كافيةٍ لِتَشْغيلِ الأجهزةِ المُستَخْدَمةِ على القمرِ خِلالَ إحدى رِحلاتِ أبولُّو .

انطباعُ فنّانٍ عن سَفينةٍ نوويّةٍ عامِلَةٍ في الفضاءِ
– شحنُ مُستودَعاتِ الوقودِ



مَحطّاتُ الكهرباءِ النوويَّـةُ تزدادُ حَجمًا ونوعًا

مع تَزايُدِ تَشْييدِ محطّاتِ القُوى النوويّةِ ، أُدْخِلَ على تصميمِها كثيرٌ من التحسينِ ، وأصبح بالإمْكانِ الحصولُ على إنتاجٍ كهربائيٍّ أَوفَرَ ومَردودٍ (أو كِفايةٍ) أعلى ، وذلك بالتغلُّبِ على المَشاكلِ الهندسيَّةِ أو تلافيها . والمحطّاتُ الحديثة من نوعِ كُولدَرْهول يمكنُها الآنَ أن تُنتِجَ أكثرَ منْ خَمْسمائةِ مليونِ واطٌّ من القدرة الكهربائيةِ في كلِ مُفاعلٍ بمردودٍ قيمته ثلاثون بالمائةِ . أما المحطَّاتُ النوويّةُ المتطوِّرةُ المُبرَّدةُ بالغازِ أو بالماءِ فيمكنُها أن تُنتِجَ قُدراتٍ أكبرَ بمَردود أعلى .

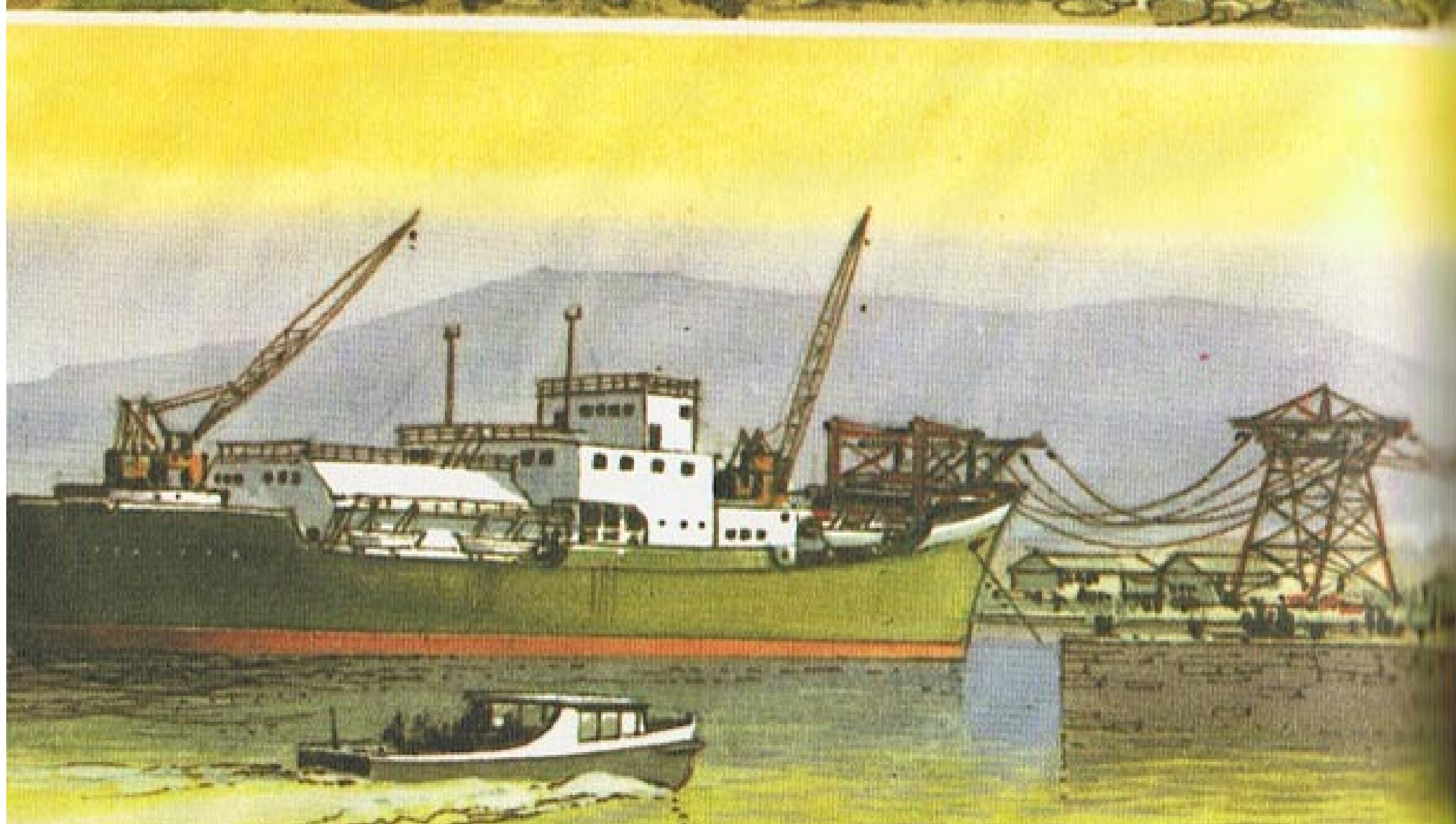
وهنالكَ نوعٌ جديدٌ من المُفاعِلاتِ هو الآنَ قَيْدُ التَّجريبِ يُعرَفُ باسمِ المُفاعِلِ العالي درجة الحرارة،وسيكونُ قادراً على توليدِ قُرابةِ ألفِ مليونِ واطٍّ في كلِّ وَحْدَةٍ ، مع مَردودٍ يقاربُ ٤٠ في المائة . وتُشَيَّدُ في كثيرٍ من البِلادِ الآن نماذجُ أوليّة من هذا النوعِ ، أحدُها هو الذي يُعرَفُ باسم « دراغون » وقد شُيِّدَ في المملكةِ المتحدةِ بمُعاونَة بُلْدانٍ أوروبيّةٍ عَديدةٍ

إن محطَّاتِ القُوى النوويَّةِ لا تزالُ تَستهلِك نِسبةً صغيرةً فقط من وقودِ اليُورانيوم المستَخدَمِ فيها . وبالرَّغمِ من ذلك فإنَّ المَحطَّاتِ الحَديثةَ تُنْتِجُ من الطاقةِ الكهربائيةِ مُقابلَ كَمِّيةٍ مُعَيَّنةٍ من الوَقُودِ . أكثرَ بمائةِ ألفِ مَرةٍ ، مما تُنتِجُه مَحطَّةٌ مماثلةٌ تعمل بالوَقود الأُحفوريّ العاديّ.

انطباعُ فَنانٍ عن محطةِ هنكلي بُوينت « ب »
وهي محطةٌ نوويةٌ حديثةٌ لتوليد الطاقة







وَحَداتٌ نَوويّةٌ صغيرةٌ لإنتاج الطاقة

إنَّ الأمكِنةَ النائيةَ او البلادَ التي ليس فيها صِناعةٌ كثيرةٌ لا تحتاجُ إلّا إلى محطاتٍ كهربائيةٍ صغيرةٍ ، إنتاجُها في حدودِ بضعةِ ملايين واط . والصِّناعةُ وإن كانَتْ تستهلِكُ كميةً كبيرةً من الطاقةِ بالشَّكْلِ الحراريِّ أو الكهربائيِّ أو بكليهما . فإنَّها تحصلُ عليها غالباً من وَحَداتِ توليدٍ كهربائيةٍ صغيرةٍ أو من مَراجلَ . ولاختبار إمكانية استِخدام الطاقةِ النوويَّةِ بدلاً منها استخداماً اقتصاديًا ، صُنِعَتْ مَحَطاتٌ تجريبيَّةٌ صغيرةٌ للطاقةِ النوويةِ يُمْكِنُها أن تُنتِجَ البُخارَ لاستِخْدامِهِ في الأعمالِ الصِّناعيَّةِ أو لتوليدِ الكهرباءِ .

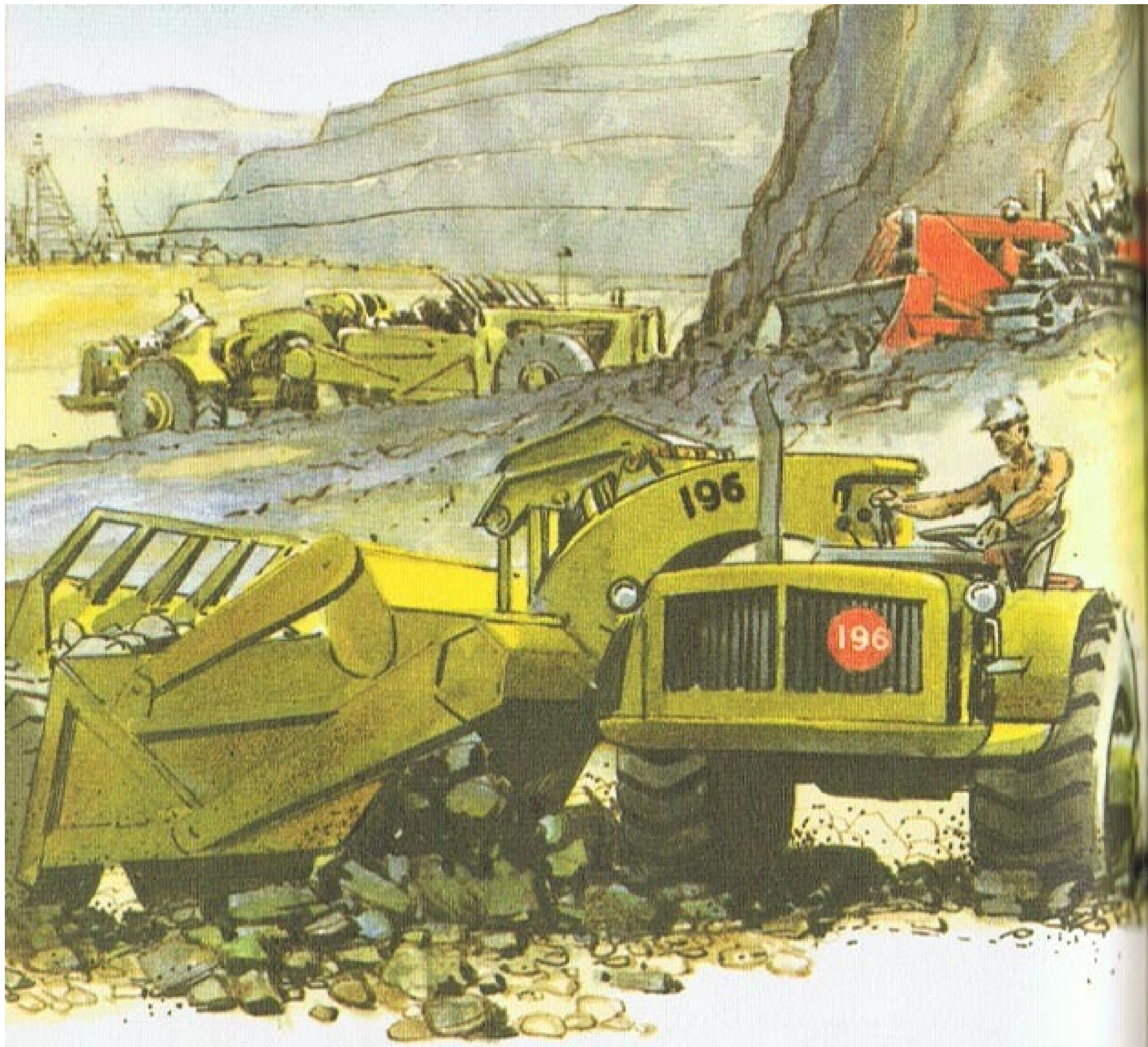
كذلكَ صُنِعَتْ في كلٍّ من الولاياتِ المتحدةِ والاتحادِ السوفييتي مَحطاتٌ نوويّةٌ صغيرةٌ يمكنُ تجميعُها من أقسامٍ قابلةٍ للنقْلِ ،وهنــالك واحِدةٌ من هذه المحطَّاتِ عَلى الأقل تُزَوِّدُ بالطاقةِ مَحطّةَ رادارٍ بَعيدِ المدى في قاعدةٍ في أمريكا الشمالية ،كما أنّ هنالك ثانيةً في قاعدةِ ماك مِردو الصوتيّة في المِنطَقةِ المتجمّدةِ الجنوبيةِ . وقد صُنِعَتْ مَحطاتُ طاقةٍ نوويّةٍ أكثرَ نقّاليّةً « قابليةً لِلنّقْلِ » يُمكنُ حَمْلُها على شاحِناتٍ كبيرةٍ مَقطورةٍ . وهذه الوَحَداتُ يمكن أن تُعَدَّ للعملِ خلالَ ساعاتٍ ، وبذلك يمكنُها أن تُزَوِّدَ بالطاقةِ الكهربائيةِ مِنْطَقةً مَنْكُوبَةً عند الاقتضاءِ .

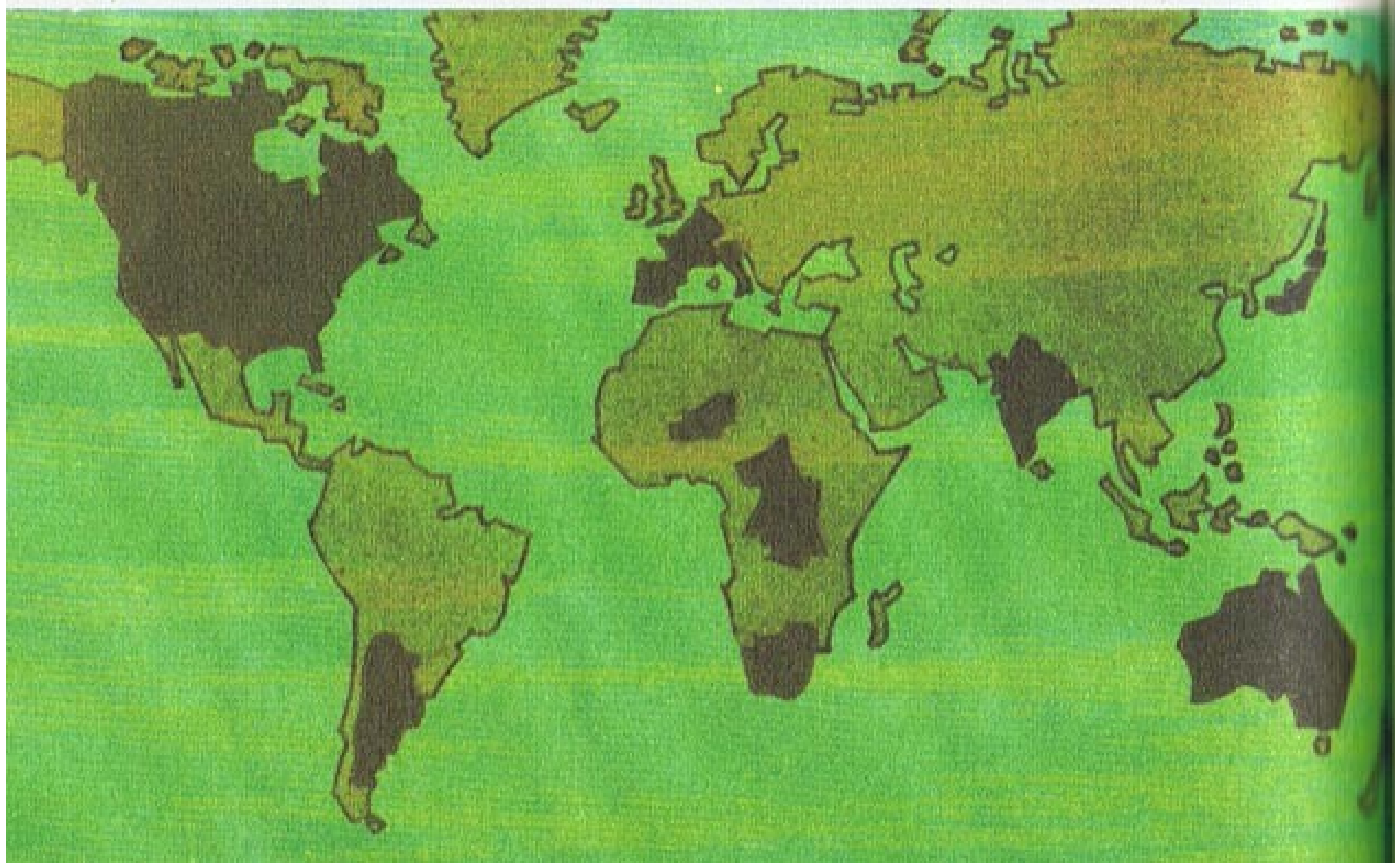
وثَمَّةَ استعمالٌ هامٌّ آخرُ لِلوحَداتِ النوويَّةِ المَحمولَةِ في السفنِ حيثُ يَحُلُّ المُفاعِلُ النوويّ محَلَّ مُحركاتِ السفينة التي يمكنُ أن تُقْطَرَ إلى الخُلْجانِ النائية حيثُ تَقومُ وَحَداتُها النوويّةُ بتزويدِ المِنْطَقةِ المُحيطةِ بالطاقةِ الكهربائيةِ .

في الأعلى : محطةٌ كهربائيةٌ نوويّةٌ مُعبّأة بشكلِ طَرْدٍ لِتنقَلَ جوّاً

في الوَسَط : محطةٌ كهربائيةٌ نوويّةٌ معبّأة بشكلِ طردٍ لِتنقلَ برّاً

في الأسْفلِ : محطةٌ كهربائيةٌ نوويّةٌ عائمةٌ





الوَقُـودُ النَّــوَوِيُّ

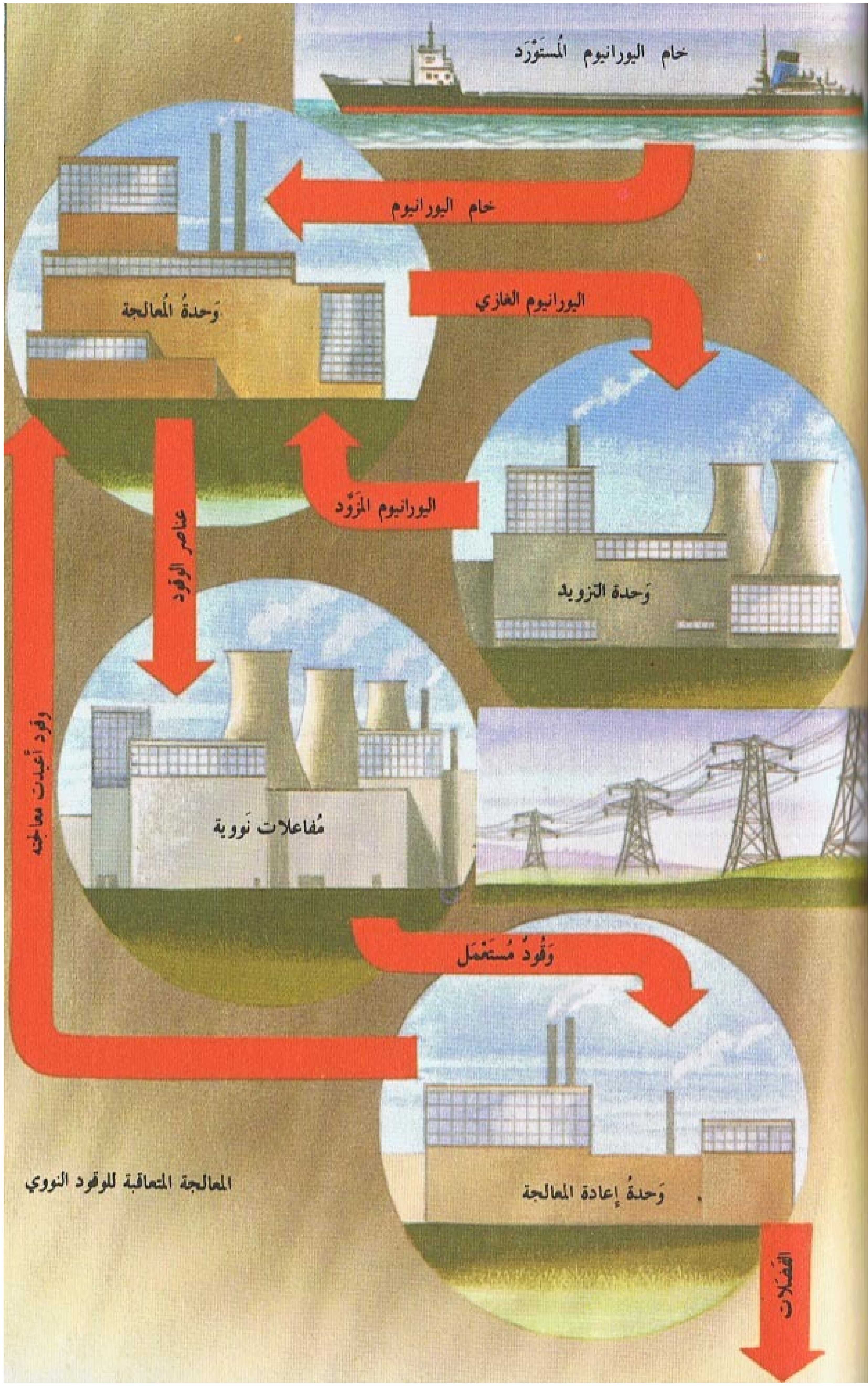
إنَّ اليُورانيوم هو الوَقُودُ النوويُ الرئيسيُّ المُستَعمَلُ في المُفاعِلاتِ النوويَّةِ ، لكنَّ الثُّوريوم والبلوتونيوم كليهما يمكنُ أن يُستعْمَلا أيضاً . فإذا قُذِفَ معدِنُ الثُّوريوم بالنيوترونات في داخلِ مُفاعِلٍ ذَرِّيّ أَنتج نوعاً آخرَ من اليُورانيوم هو اليُورانيوم ٢٣٣ ، وهو قابلٌ أيضاً للتفاعُلِ الانشِطاريِّ . ويُستَخْدَمُ البلوتونيوم كوَقُودٍ مفضَّل في ما يُسمَّى بالمُفاعِل السريعِ . وهذا النوعُ من المُفاعِلاتِ ، الذي هو قَيْدُ التطوير حاليًّا لا يَتطَلَّبُ مُهدِّئاً لأنَّ التَّفاعُلَ التسلسُليَّ يحدثُ مُباشَرةً من نيُوترونات الانْشِطارِ العاليةِ السُّرعة .

يُستَخرجُ فِلِزُّ اليُورانيوم بصورةٍ عامةٍ من خامِ اليُورانيوم الذي يوجَدُ بكمياتٍ مُتفاوتةٍ في جميعِ أنحاءِ العالَمِ . ويُستَخْرَجُ هذا الخامُ عادةً مِنْ مناجِمَ عَميقةٍ أو سَطحيَّة . وفي بَعضِ الأحيانِ تُنتِجُ مناجِمُ الذّهبِ مَعدِنَ اليُورانيوم كَمُنْتَجٍ ثانويٍّ . وتوجدُ مكامنُ غَنِيَّةٌ لليُورانيوم في أُستراليا وكندا وفرنسا والبرتغال وجنوبِ افريقيا ووسطِها ، وكذلكَ في الولاياتِ المتحِدَةِ . أما كَمِّيَّةُ اليُورانيوم المُفيدةُ التي يمكنُ استخراجُها من هذا الخامِ فتختَلِفُ اختِلافاً كبيرًا إذْ لو استَطَعْنَا مَلْءَ حَوْضِ استحْمامٍ من خامِ اليُورانيوم لَنْ نحصُلَ منه على أكثرَ من مِلءِ دَلوٍ من اليُورانيوم الطبيعيِّ الصافي ، وربّما على مِلءِ كوبٍ فقط .

يمكنُ استخلاصُ اليُورانيوم أيضاً من الكارنوتيت وهو سَحيقُ مادةٍ صَخريَّةٍ حَمراءَ أو صفراءَ يُوجَدُ في أمريكا الشماليةِ . ويقالُ إنَّ قبائلَ الهنودِ الحُمْرِ كانوا يستخدمون هذا المَسحوقَ في طَلي علامات الوَسمِ القَبَليَّةِ .

الصورةُ العُليا : مَنجَمُ مَكشوف لِتعدين اليورانيوم

الصورة السفلى : المناطق الغنية بخام اليورانيوم مميّزة باللون الأسود

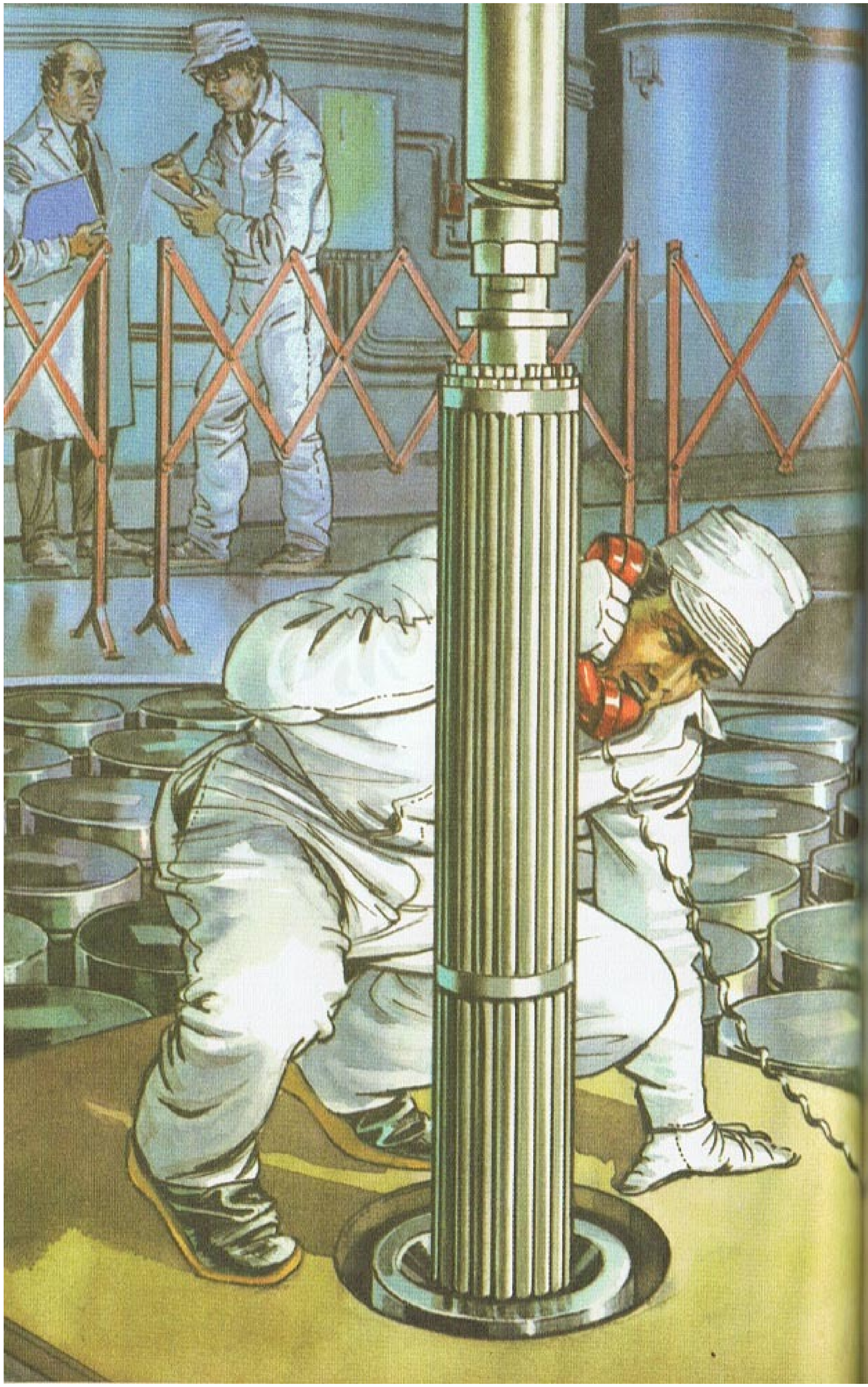


المعالجة المتعاقبة للوقود النووي

المعالَجةُ المُتعاقبةُ لإعداد الوَقُودِ النّــوويّ

كلُّنا يعلمُ أن البنزين (أو الغازولين) الذي يُستعْمَلُ وَقودًا للسيارات هو من إنتاجِ مَعامِلِ التكريرِ ، وكذلكَ الوقودُ النوويُّ . فخامُ اليُورانيوم ينبغي أن يُرسَلَ من مكانِ استخراجه إلى وَحدةِ التنقيَة حَيثُ يُحضَّرُ اليُورانيوم الطبيعيُّ بالمعالجةِ الكيميائيّةِ ، ثم يُحوَّلُ هذا اليُورانيوم الطبيعيُّ إلى عناصرِ وَقودٍ ويُحمَلُ إلى المُفاعِلاتِ النوويةِ التي تحتاجُ إليه . وإذا كانَ ثَمّةَ حاجةٌ إلى « وَقودٍ مُزوَّد » فيجبُ عندئذٍ تَعزيز اليُورانيوم الطبيعيِّ بنسبةٍ من اليُورانيوم ٢٣٥ تزيد عَما يحتَويهِ منه في الحالة الطبيعيّة . ويُحضَّر اليُورانيوم ٢٣٥ عادةً بطريقةِ الأنتشارِ الغازيِّ في وَحدةِ تَصْنيعٍ نَوويٍّ باهظَة التكاليف . وهذه الوَحدةُ يمكنُها إنتاجُ اليُورانيوم ٢٣٥ الصافي أو مزيجٍ من اليُورانيوم الطبيعيِّ المزوَّد بالنظير ٢٣٥ .

وبعدَ استهلاكِ عناصرِ الوَقودِ، أي انقضاء مدّةِ عُمْرِها المفيدةِ في مُفاعلٍ نَوويٍّ، ينبغي مُعالَجتُها لتُستَخرَجَ منها أيةُ مادةٍ مَطلوبةٍ . وفي عناصرِ وَقودِ اليُورانيوم الطبيعيِّ المُستعملةِ يعني ذلك أنَّ اليُورانيومَ (الذي لم يُستهلَكْ) والبلوتونيومَ المُتراكِمَ ومُنتَجاتِ الانشطارِ المُشعَّةَ يَنبَغي فَصْلُها . فاليُورانيومُ المتخلِّفُ يُمكنُ معالجتُه ثانيةً وإعدادُه للاستعمالِ من جديدٍ في المُفاعلِ النوَويِّ . والبلوتونيومُ يمكنُ أن يُستخدَمَ كوَقودٍ في المُفاعِلاتِ السريعةِ التي يَجري تشييدُها .



عناصِرُ الوَقــودِ

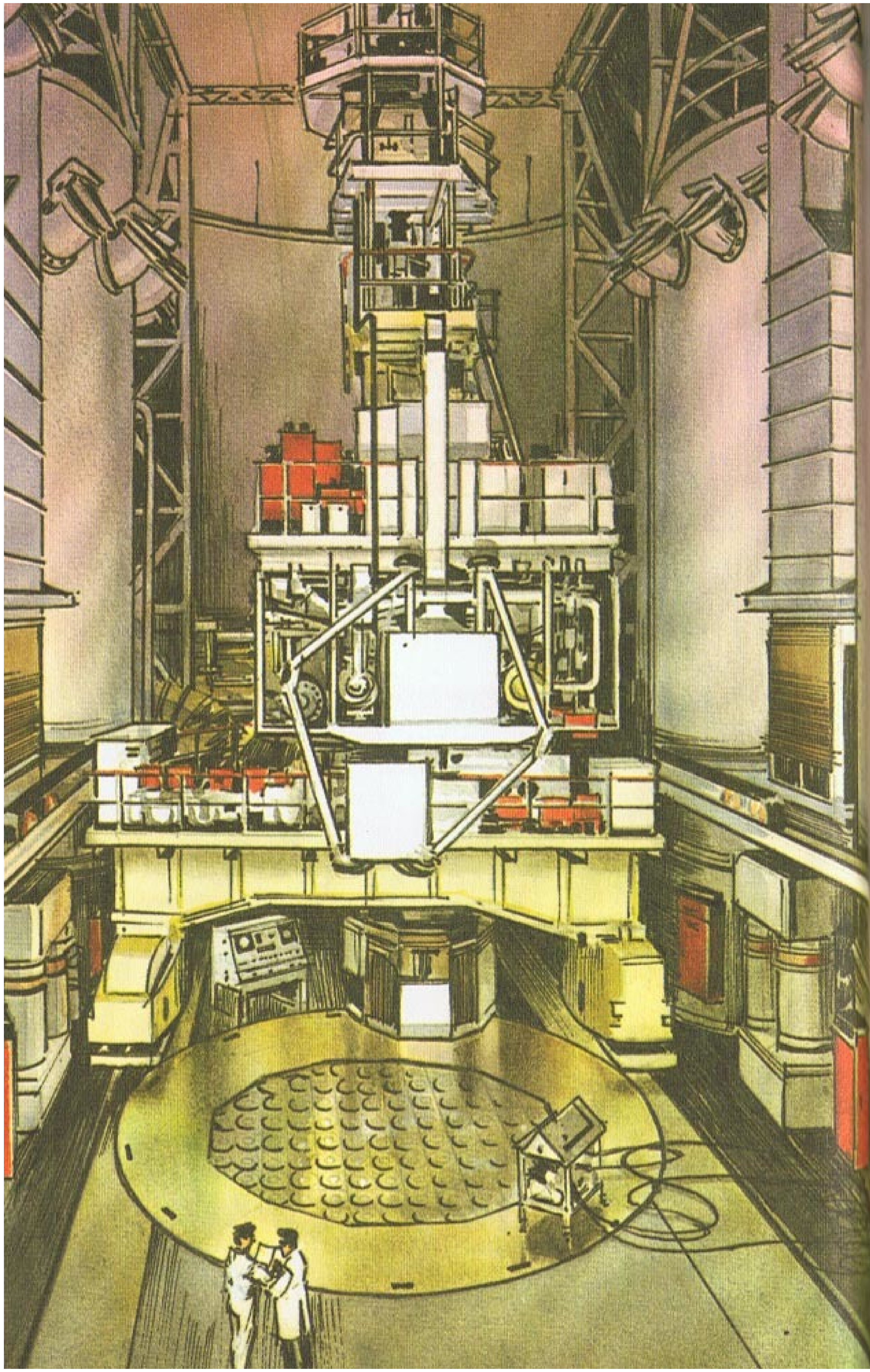
الوقودُ الذي يُسْتَخدَمُ في المُفاعِلِ النوويِّ ينبغي أنْ يكونَ بشكلٍ يَسمَحُ للحرارةِ بأَنْ تتولَّدَ في داخلِهِ وأنْ يستطيعَ احتِواءَ مُخَلّفاتِ الانشِطارِ الناتِجَةِ . ففي المُفاعِلاتِ الأولى كانتْ عَناصرُ الوَقودِ هذه مجرَّدَ قُضبانٍ من اليُورانيوم مغلَّفةٍ بغِلافٍ من الألمنيوم . وكانَ انتقاءُ مادةِ التغليفِ مَقصوراً على الموادِّ التي لا تمتصُّ الكثيرَ من النيوترونات ، والتي تتصفُ بالمقاومةِ لتأثيرات الحرارةِ والإشعاعِ . وقد كانتِ المُفاعِلاتُ التي من طرازِ كولدَرْهول تَستَخدِمُ عناصرَ من الوقودِ مُغَلَّفةً بسَبيكةٍ من المغنزيوم ، لكنَّ المُفاعِلاتِ الحديثةَ تَستَخْدِمُ إمّا الفولاذَ الذي لا يصدأُ أو مَعدِنَ الزركونيوم لتغليف عَناصِرِ الوَقود .

وقد طرأَ على الوَقودِ نفسِهِ عِدةُ تغيُّراتٍ . فالآنَ يُستَخْدَمُ أكسيدُ اليُورانيوم بدَلاً من القُضبانِ الصُّلبة الأولى من فلزِّ اليُورانيوم . وقد شُيِّدَ في ألمانيا مُفاعِلٌ جُعِلَ وقودُهُ بشكلِ حُصَيّاتٍ « قِطَعٍ صغيرةٍ كالحَصى » . وتَستَخدِمُ أحدثُ المُفاعِلاتِ العاليةِ درجةِ الحرارةِ وَقودَها بهيئةِ قِطَعٍ صَغيرةٍ مُجَمَّعَةٍ بَعْضِها مع بَعض .

لَقدْ كانَ من السّهل حملُ عناصِرِ الوَقودِ في المُفاعِلاتِ الأولى باليدِ ، أمّا الآنَ فإنَّ كامِلَ عناصِرِ الوَقودِ تُصنع غالباً بشكلِ صَفائحَ رقيقَةٍ أو مَساميرَ مُستديرةٍ منَ الوقود ومادة التغليف ، وعندما تُضَمُّ بعضُها إلى بعضٍ يمكنُ أنْ تُصبِحَ كبيرةً بحَجْم عَمودِ المِصباحِ .

ويُمْكِنُ تصميمُ مُفاعلاتٍ تَستَخْدِمُ اليُورانيوم بالحالة السائلةِ ، ولكِنَّ هذا النوعَ لَمّا يُستَخدَمْ بَعدُ في مُولِّداتِ الكهرباءِ النوويَّةِ .

الشحنُ الأوليُّ لِعُنصرِ وقود في مُفاعِلٍ نَوَوِيّ



مُناولَةُ عناصرِ الوَقودِ ونقلُها

إنَّ عناصرَ الوَقُودِ وهي جديدةٌ تكونُ قليلةَ الإشعاعِ ، ولكنَّها تصبحُ شديدةَ الإشعاعِ بعدَ أنْ تُمَضّيَ وقتًا طويلاً في المُفاعِلِ ، ولِتَناوُلِها وهيَ بهذه الإشعاعيّةِ الشديدةِ لابدَّ من تجهيزاتٍ خاصةٍ . وتُستَخْدَمُ عادةً آلةٌ تُدعَى مَكَنَةَ التفريغِ أو إعادةِ الشّحنِ وهيَ مصنوعةٌ من الرصاصِ وفلِزّاتٍ أُخرى وتستطيعُ التِقاطَ عناصرِ الوَقودِ ووَضْعَهَا في المُفاعِلِ أو إخْراجَها منه بإشرافِ مراقبٍ يَقِفُ على بُعدٍ ما عنها .

وعندما تُخْرَجُ عناصرُ الوَقودِ المُستَعمَلَةُ من داخلِ المُفاعلِ تكونُ حارّةً ومُشِعَّةً . فتأخذُها المكِنَةُ لِتَخْزُنَها حيثُ تَبْرُدُ ويَنقُصُ إشعاعُها . وغالباً ما يُستَخْدَمُ صِهْرِيجُ ماءٍ أو بِركةٌ لتخزينِ عناصرِ الوقودِ المُستَعْملةِ هذه . فالماءُ يبَرِّدُها ويَعملُ كَدِرْعٍ واقٍ من نَشاطِها الاشْعاعيِّ .

وعندما تُصبحُ عناصِرُ الوَقودِ جاهِزةً للنّقلِ دونَما خَطَرٍ توضَعُ في أوْعِيةٍ خاصّةٍ وتُرسَلُ إلى وَحدةِ المُعالَجةِ المُتعاقبَةِ لِتَجديد فاعِليَّتِها .

تَستَخْدِمُ هَيئةُ الطاقةِ الذَّرّيّةِ البريطانية سَفينةً مُدَرَّعة حُوِّلت خِصّيصًا لنَقْلِ عَناصِرِ الوَقودِ المُستَعْملةِ من مناطقَ ما وراءَ البحارِ إلى وَحَدات المُعالَجةِ المُتعاقِبةِ في المملكةِ المتّحدةِ .

مكِنَةُ إعادةِ الشّحنِ فوقَ مُفاعلٍ نوويٍّ

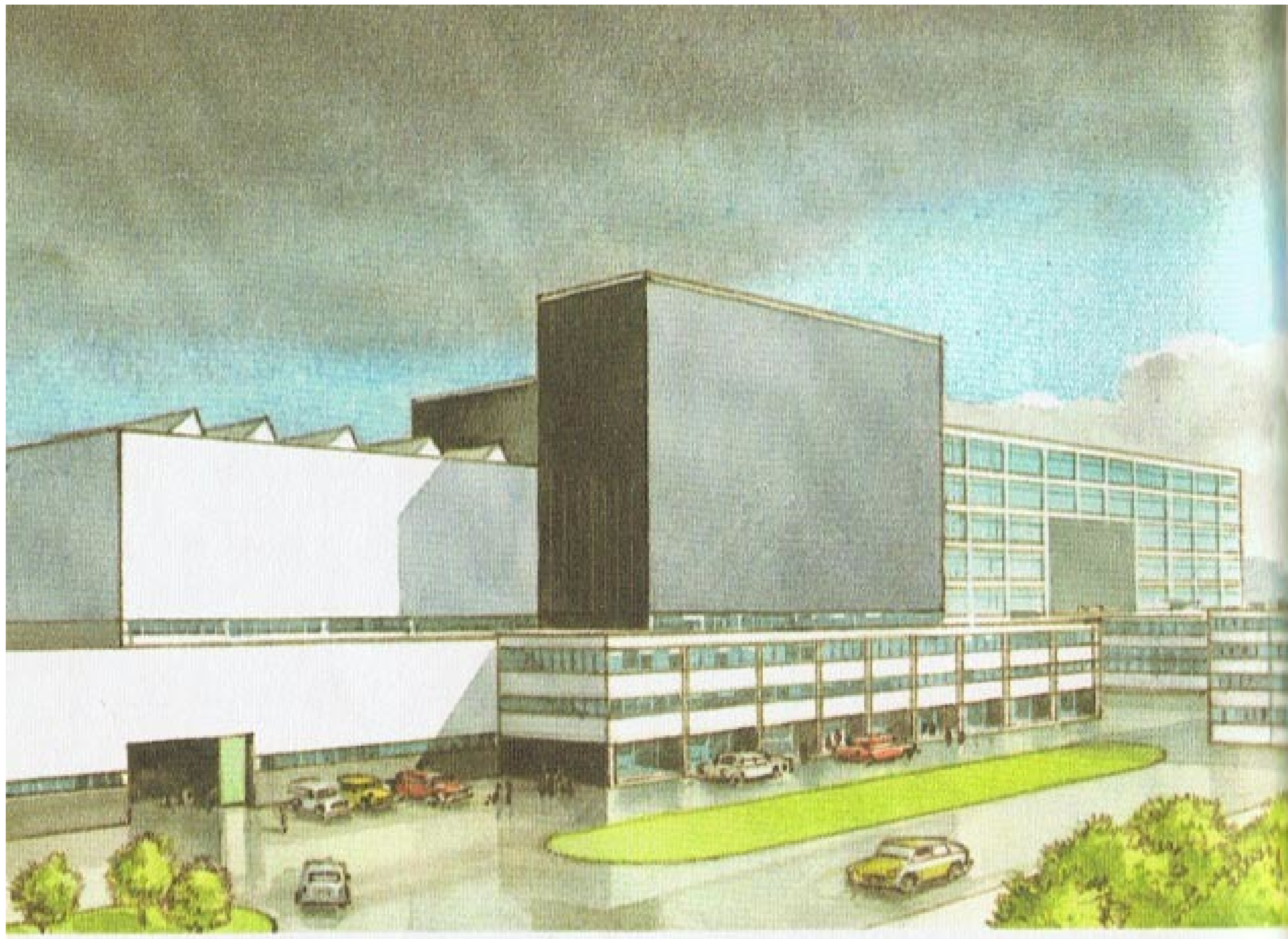
محطّاتُ الطّاقـةِ النّوويّـةِ المُقبلـة

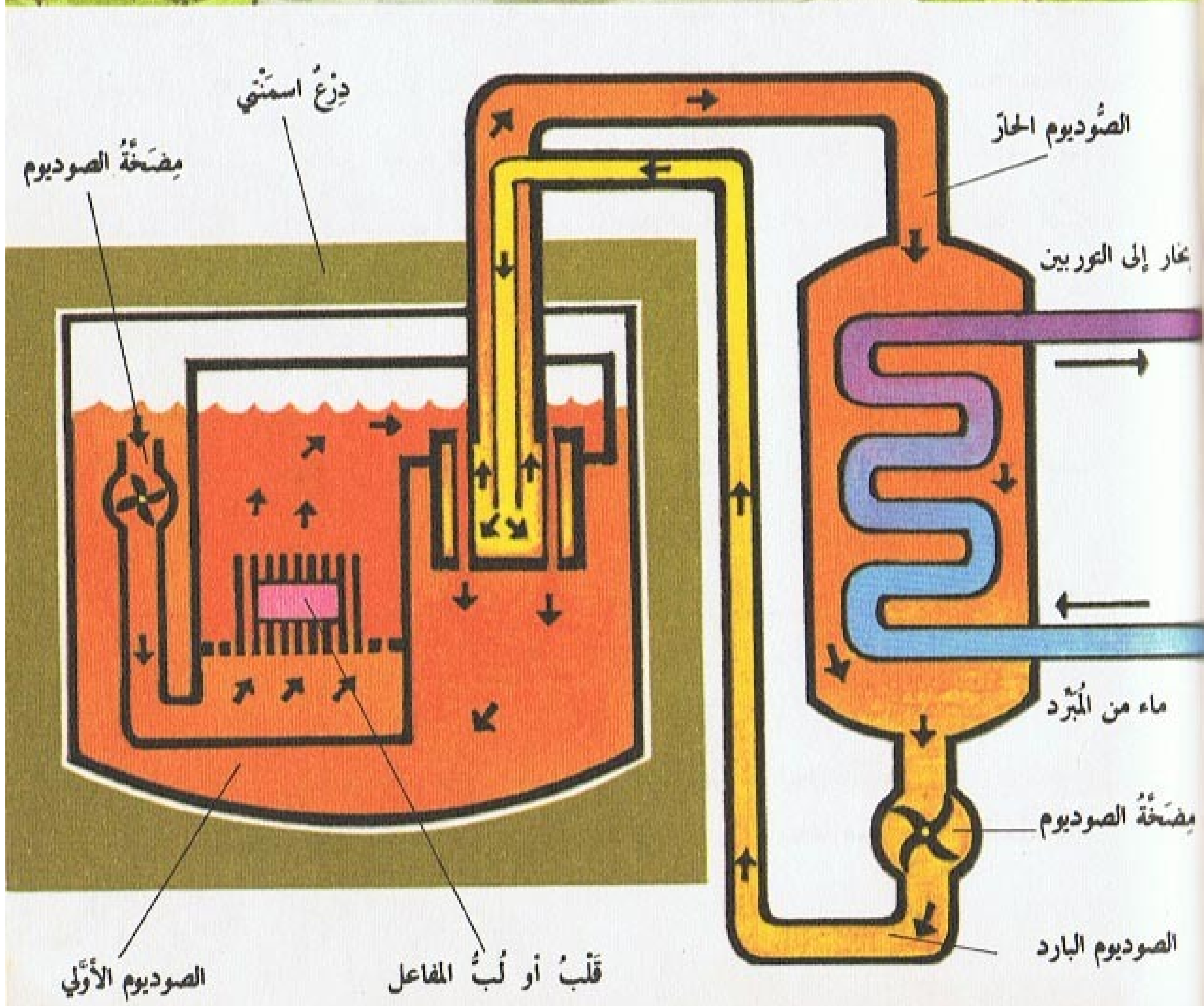
لقدْ قطعَتِ المُفاعِلاتُ النوويَّةُ شوطاً بعيداً في تطَوّرِها منذُ قَمين فِيرمي إلى المُفاعِلاتِ الحاليَّةِ العاليةِ القُدرةِ ، ولا يزالُ بالإمْكانِ إحرازُ مَراحِلِ تقَدُّمٍ جديدةٍ في تصميمِ المُفاعلاتِ وصُنْعِها واستخدامِها .

تُنتِجُ مَحطّاتُ الطاقةِ النوويَّةِ حاليًّا البخارَ لِتحريكِ التوربينات (العَنَفاتِ) وتوليدِ الطاقة ، ولكنَّ ثمَّةَ طرائِقَ أخرى مُمْكِنةً . فيُمكِنُ مثلاً للمُفاعلاتِ العاليةِ دَرَجَةِ الحرارةِ والمُبَرَّدَةِ بالغازِ ، أنْ تُحرِّكَ توربيناتٍ غازيَّةً وتُحيلَ الطاقَةَ الحراريَّةَ للمُفاعلِ إلى طاقةٍ كهربائية . وقَد يُصبح من المُمكنِ توليدُ الكهرباءِ مُباشَرةً من حرارةِ المُفاعلِ بدونِ استِخْدامِ مَكِناتٍ تتحرَّكُ . وقَد تمّ حتى الآن تحقيقُ ذلكَ على مقياسٍ صغيرٍ وبمَرْدودٍ خفيضٍ .

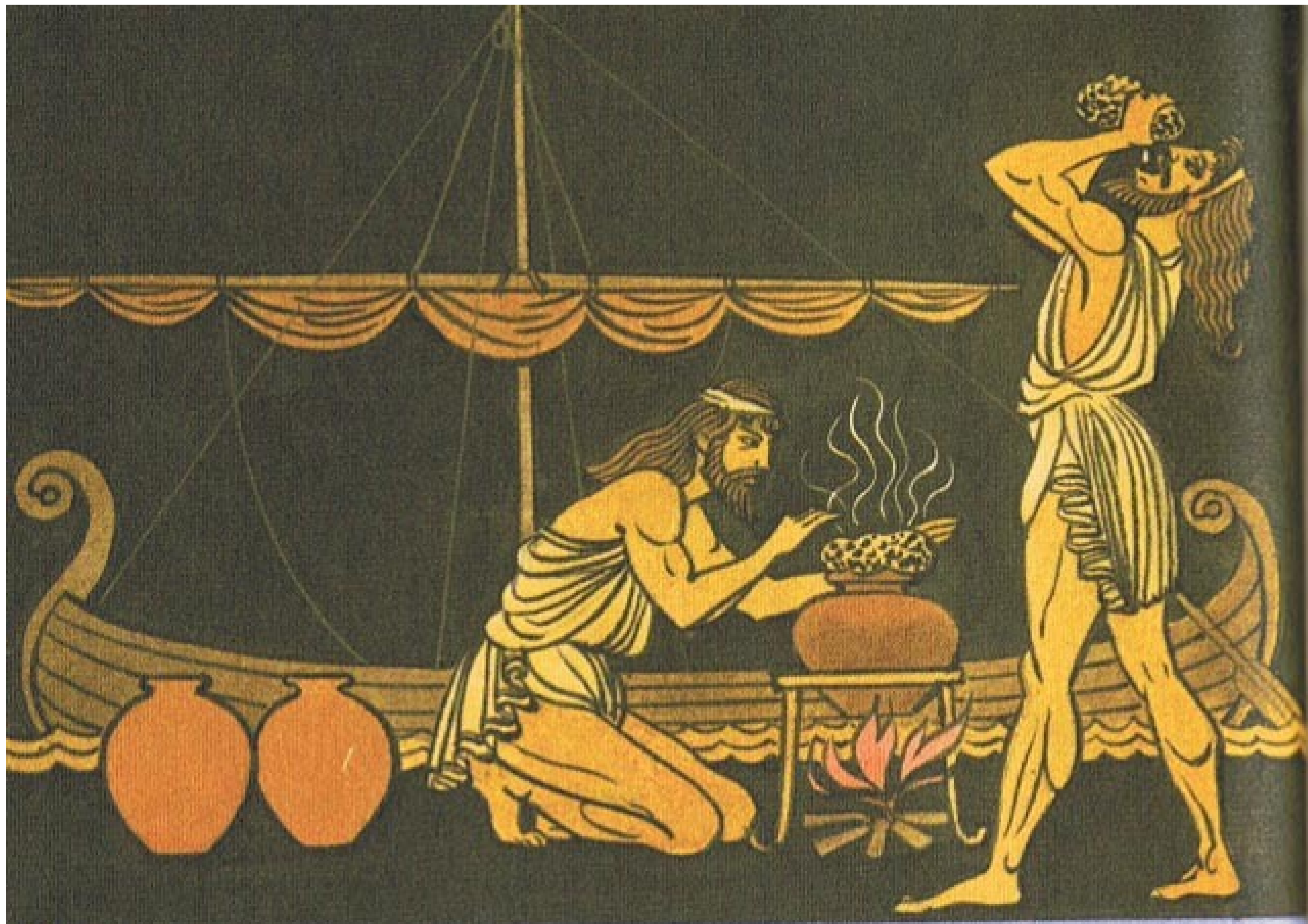
وتُشيَّدُ حاليًّا مُفَاعِلاتٌ نَوويَّةٌ لدراسةِ استعمالِ الثُّوريوم والبلُوتُونْيوم كَوَقودٍ نَوويٍّ كَما تُدرَسُ إمكانيةُ استعمالِ الوَقُودِ النووي بحالةِ السائلِ أو حتّى بِشَكلِ مِلْحٍ مُنْصَهِر .

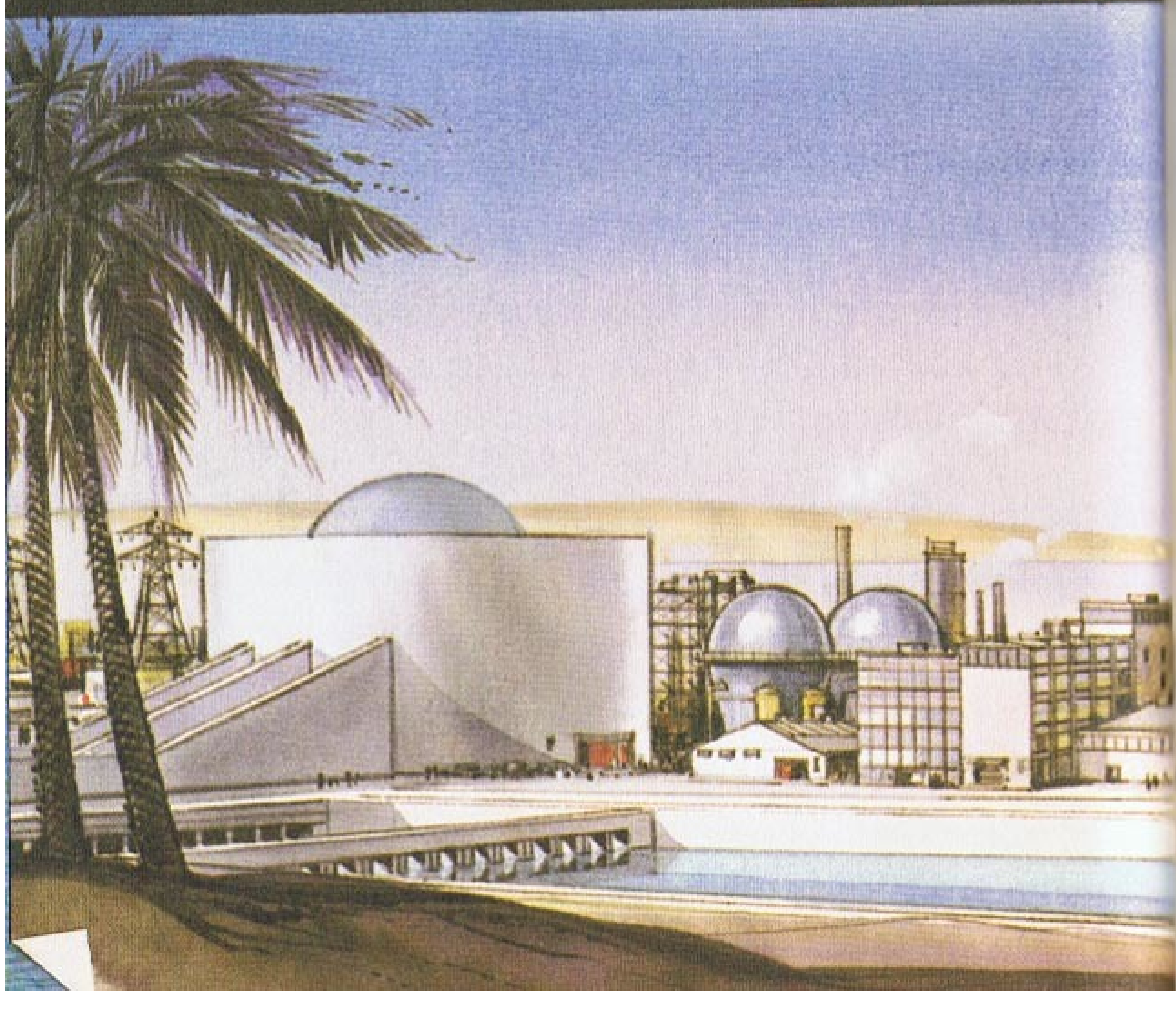
وَمَجموعةُ المُفاعِلِ التي تبشِّرُ بالأملِ للمستقبلِ هي مَجموعةُ المُولِّدِ السريعِ ، وهو مُفاعِلٌ يَعتَمِدُ على النيوتْرُونات السريعةِ لِمُداوَمَةِ عمليَّةِ الانْشِطارِ . وهذه المجموعة قادرةٌ على « توليدِ » كميّةٍ من الوَقودِ أكثَرَ ممّا تَستَهلك فهيَ تُوَلِّدُ البلوتونيوم من اليُورانيوم الطبيعيِّ الذي يَستَخْدِمُه المُفاعِلُ ، وهذا البلوتُونيوم يمكِنُ أنْ يُستخدَمَ وَقودًا في ذلك المُفاعلِ نَفسِه أو في مُفاعِلاتٍ مُوَلِّدةٍ أخرى .





فوق : نموذَجٌ أوّليٌّ لِمُفاعِلٍ سَريعٍ في دُونْري
تحت : مخطَّطٌ مُبَسَّطٌ للمُفاعِل





إمكانـــاتٌ مُستقبَليّةٌ أخرى

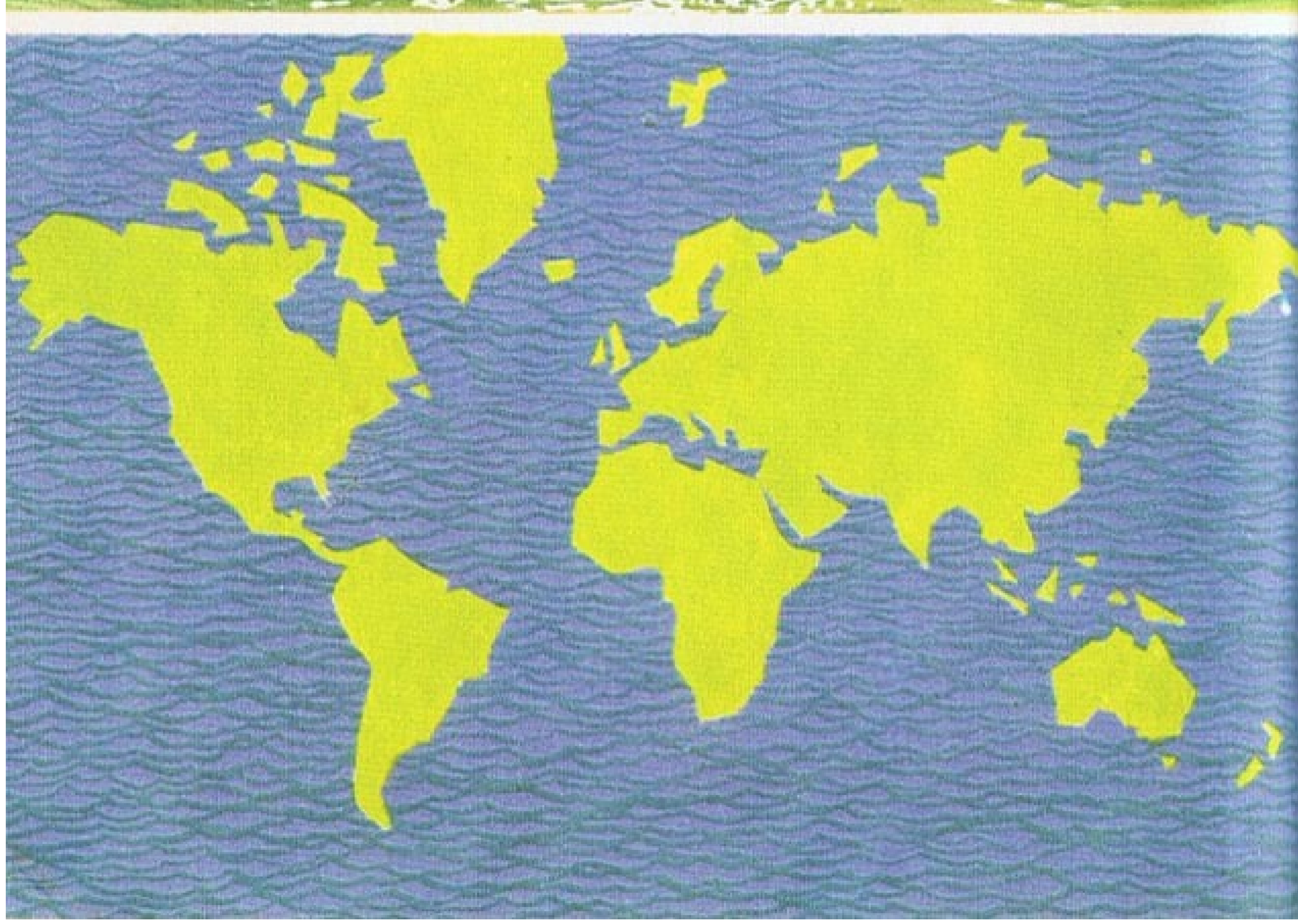
يومًا ما سيُصبحُ بالإمْكانِ الحصولُ على كَمّيّاتٍ كبيرةٍ من الماءِ العَذْبِ واستنباتُ كمياتٍ كبيرةٍ من الغذاءِ في الصَّحاري ، وخاصّةً في تلك الصحاري القريبةِ من البحرِ . ويُمكِنُ تحقيقُ ذلكَ باستِخدامِ الطاقةِ الحَرارية مِنَ المُفاعِلاتِ النوويّةِ في إزالةِ مُلوحةِ ماءِ البحرِ وتحويلهِ إلى ماءٍ عَذْبٍ . ويمكِنُ أنْ تُستَخْدَمَ الطاقَةُ الحراريّة أيضًا لتوليدِ الكهرباءِ كما في محطّاتِ الطاقةِ النوويّةِ . وباستِخْدامِ هذا الماءِ وهذه الكَهْرباءِ يُمكنُ إنشاءُ المَزارعِ الشاسِعَةِ لإنْتاجِ الغذاءِ لسُكّانِ العالمِ المُتزايدين .

إنَّ نقْلَ المُسافرين والبَضائعِ عَبْرَ القارّاتِ والمحيطاتِ هو عَمَلٌ آخِذٌ في التوسُّعِ والكِبَرِ ، ولربّما ظهرَتْ في المُستَقْبَلِ غوّاصاتٌ لِنَقْلِ البضائع ورُبّما لِنَقْلِ الركابِ أيضًا ، تَدْفعُها المحرِّكاتُ النوويَّةُ فتجوبُ أعماقَ المُحيطاتِ . وإذا ما استُخدِمت الحَوّاماتُ لِعُبورِ المُحيطاتِ فمنَ المُمكنِ أيضاً تسييرُها بالمُحرِّكاتِ النوويّةِ . وَقَد تُنْشَأُ مَقْطوراتٌ فَضائيّةٌ لِلشّحنِ تُسَيَّرُ نَوويًّا لتَجُوبَ أجواءَ الفَضاء العُليا وتَذْرعَها جَيْئةً وذَهاباً . ولو أنَّ الطّائِرةَ العاديَّةَ سَتَبقَى ضَروريّةً لِتَوصيل الشَّحَنات لها واستعادتِها مِنْها في أنحاء العالمِ المختلِفة .

وقَد يُمكنُ في يَومٍ من الأيّامِ أن تُنشَأَ المَزارعُ تحت البَحرِ أيضًا ويَجريَ المَزيد من رِيادة أعماق المحيطات واكتشاف مَكنوناتها . إنَّ مَشْروعاتٍ كهذِه تَحتاجُ إلى كميّاتٍ كبيرةٍ من الطاقةِ التي يُمْكِنُ للمُفاعِلاتِ النوويةِ أن تُوفِّرَها .

فوق : بحّارٌ يونانيٌّ قديمٌ يُقطِّرُ ماءَ البحرِ للشُّربِ
تحت : مُجَمَّعٌ صِناعيٌّ زراعِيٌّ في مِنطقة صَحراويّة كما يَتخيَّلُه فنّان





طاقـةٌ للمُستقبَـل

إنَّ الطاقةَ النوويَّةَ الناجمةَ عن الانشِطارِ ستبقَى مُتوفرةً دوماً لأننا نستطيعُ الآنَ أنْ نُنْتِجَ الطاقةَ من القُوَّةِ الضخمةِ الكامنةِ في نَواةِ الذرَّةِ. وقَد يَجْدُرُ بنا أن نتساءلَ عمَّا إذا كانَتْ هنالكَ قُوًى أعظمُ من تلك بَعدُ . إنَّ المعرفةَ المُتزايدةَ عَن شُؤونِ الكَونِ تُوحي لَنا بأنَّ هنالِكَ قُوًى هائلةً تعملُ لدى ولادةِ بعضِ النجومِ ولَدى اندثارها . ونحن لا نملكُ قَدْرا كافيًا من المعرفَةِ عَنْ هذه القُوى ولكِنَّنا نعرفُ مَصْدَرَ القُدرةِ الذي يُعطي للشمس طاقَتَها . ذلك المَصدر هُوَ الاندِماجُ وهو يَحصُل عِند اتِّحاد المادّة الذرِّيَةِ القليلةِ الكثافة بعضِها مع بعض لتولِّدَ مادّةً أثقلَ ، وهذه العمليَّةُ تَستَخْدِمُ نفسَ القُوى النوويَّةِ كما في عمليَّة الانشِطار . والذي يجعَلُ لهذه العمليَّةِ أهميَّةً خاصة هو أنَّ الوقُودَ الأكثَر مُلاءَمَةً لتشغيل وَحَداتٍ لإنتاجِ الطاقَة بالاندماج النوويّ على الأرضِ هو الدوتيريوم . وهو شَكْلٌ من أشكالِ الهيدرُوجين يُمكنُ استِخْراجُهُ من مياهِ البحرِ العاديَّةِ التي يَتوافر لدينا كمِّيَّاتٌ هائلةٌ منها . لكِنَّ العُلَماءَ لم يَستطيعوا حتى الآنَ أنْ يُحقِّقُوا عمليَّةَ الاندِماجِ النَوويِّ هذه بشَكْلٍ يُمكن التحكُّمُ فيه . ويَرجعُ ذلك أساسًا إلى أننا لا نستطيعُ أن نُسَخِّنَ الوَقودَ إلى الدَّرجَات الحرارية المَطْلوبَةِ من ٥٠ إلى ١٠٠ مليون درجة سَنتِغراد ، لِمُدّةٍ كافيةٍ .

ومعَ اقتراب نُضوبِ احتياطِيِّنا من الوَقودِ الأُحْفُوري ومن اليُورانيوم سيتحتَّمُ علينا ولا ريبَ أن نَجِدَ مَصدرًا آخَر للطاقةِ من أجلِ هذا العالَمِ المُتعطِّشِ دائما لِمَزيد من الطاقة ، ولعلَّ عمليَّةَ الاندِماجِ النوويّ تكونُ هي الحَلَّ المَنْشودَ إذا أمكنَ التغلُّبُ على المَشاكِلِ الحاليَّةِ .

فوق : طاقةُ الشمسِ تحصُلُ من الاندماجِ النووي ، والوقودُ المُحتَمَلُ لإنتاجِ الطاقة بالاندماجِ النووي يُمكِنُ الحصولُ عليه من ماءِ البحرِ

تحت : إنَّ ما يقارِبُ ثلاثَةَ أرباعِ الكُرةِ الأرضيَّةِ مُغطًّى بماءِ البحرِ

سِلْسِلَةُ «الإِنْجازات الحضارِيَّة»

١ – رِيادةُ الفَضاء
٢ – رِيادةُ الأَعْماق
٣ – قِصّةُ الرّاديو
٤ – قِصّةُ النِّفْط
٥ – قِصّةُ الطِّبّ
٦ – قِصّةُ العِلْم (١)
٧ – قِصّةُ العِلْم (٢)
٨ – قِصّةُ الفِلِزّات (المعادن)
٩ – قِصّةُ الطَّيران
١٠ – الاختِراعاتُ الكُبْرى
١١ – قِصّةُ اللّدائِن (البلاسْتيك)
١٢ – قِصّةُ السيّارة
١٣ – قِصّةُ الطّاقةِ النّوويّة
١٤ – قِصّةُ السّكك الحَديديّة
١٥ – قِصّةُ الدّرّاجة

Series 601 Arabic